



دانشگاه حکیم سبزواری

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آزمایشگاه الکترونیک

مهندس عباس نصرآبادی

فهرست مطالب

مقدمه

آزمایش شماره ۱	: آشنایی با انواع دیودها و منحنی ولت آمپر..... ۴
آزمایش شماره ۲	: بررسی مدارات یکسو ساز نیم موج..... ۱۲
آزمایش شماره ۳	: بررسی مدارات یکسو ساز تمام موج..... ۱۷
آزمایش شماره ۴	: بررسی مدارات برش..... ۲۱
آزمایش شماره ۵	: بررسی مدارات جهش..... ۲۴
آزمایش شماره ۶	: بررسی مدارات دو برابر کننده ولتاژ..... ۲۶
آزمایش شماره ۷	: آشنایی با ترانزیستور و بررسی منحنی مشخصه آن..... ۲۷
آزمایش شماره ۸	: بررسی مدار هدایت ترانزیستور..... ۳۴
آزمایش شماره ۹	: بررسی مدار تقویت کننده امیتر مشترک..... ۳۶
آزمایش شماره ۱۰	: بررسی مدار تقویت کننده بیس مشترک..... ۳۹
آزمایش شماره ۱۱	: بررسی مدار تقویت کننده کلکتور مشترک..... ۴۲
آزمایش شماره ۱۲	: بررسی مدار زوج دارلینگتون..... ۴۵
آزمایش شماره ۱۳	: بررسی مدار بوت استرپ..... ۴۶
آزمایش شماره ۱۴	: بررسی تقویت کننده های دو طبقه..... ۴۷
آزمایش شماره ۱۵	: بررسی تقویت کننده آبشاری (کاسکود)..... ۴۸
آزمایش شماره ۱۶	: تقویت کننده های عملیاتی ۴۹

مقدمه

بطور کلی منظور از کارهای عملی توسعه توانائی مشاهده است. از این توسعه می‌توان در تفهیم هر چه کاملتر مطالب دروس نظری و نیز تسریع آشنائی با طرز کار دستگاهها و وسایل مختلف سنجش استفاده نمود و بالاخره از مطالعه دقیق دستگاهها و مسائل مربوط به آنها، در صورت نیاز می‌توان برای تکمیل آنها اقدام کرد و یا دستگاه تازه ای را طرح ریزی نمود.

از آنجائی که کارهای عملی نیاز بیشتر به دقت و نظم و ترتیب دارند لازم است نکات زیر را همواره به یاد داشته باشید:

۱- نامرتب بودن وسایل موجب پریشانی می‌گردد لذا برای اخذ نتیجه بهتر، وسایل لازم در آزمایش را بطور مرتب و دقیق بکار ببرید و محیطی منظم و آرام برای انجام آزمایش ایجاد نمائید. ضمناً پس از خاتمه آزمایش وسایل را برای استفاده گروه بعدی مرتب کنید.

۲- نگهداری و محافظت از وسایل وظیفه وجدانی هر فرد است چه صرف نظر از این که تهیه مجدد این وسایل مستلزم انجام مراحل طولانی است اصولاً اعتبار مجدد آنها نیز تحمیلی خواهد بود. بنابراین اگر با دستگاهی آشنائی ندارید از مسئول آزمایشگاه در مورد بکارگیری آن سؤال نمائید.

۳- از قدم زدن در آزمایشگاه و رفتن از محل میز خود به میز دیگر که باعث اشتباه خود و دیگران می‌شود، خوداری کنید.

۴- هر دانشجو باید قبل از ورود به کلاس آزمایش مربوطه را مطالعه کند.

۵- هر فرد قبل از ورود به کلاس باید طبق دستورالعملی که استاد درس ارائه می‌دهد برای آزمایش همان جلسه پیش گزارش تهیه کند.

۶- دانشجویان به گروه‌های دو نفری تقسیم می‌شوند و هر گروه هفته‌ای یک بار در آزمایشگاه حاضر شده و یک آزمایش انجام می‌دهد.

۷- هر آزمایش توسط یک گروه انجام می‌گیرد و به این طریق یک نفر به نوبت منشی گروه می‌گردد و نفر بعدی خواندن دستگاههای اندازه‌گیری و تنظیم را به عهده می‌گیرد.

۸- هر فرد بعد از کلاس یک گزارش کار طبق دستورالعملی که استاد درس ارائه می‌دهد تهیه می‌نماید و آن را حداکثر یک هفته بعد تحویل می‌دهد.

آزمایش شماره (۱)

آشنایی با انواع دیود ها و منحنی ولت - آمپر

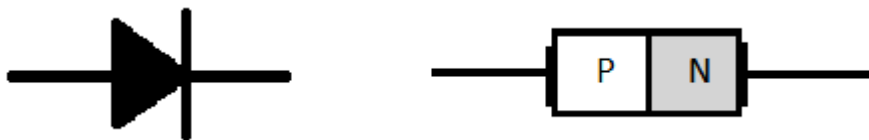
هدف

هدف از این آزمایش آشنایی با پایه های دیودهای معمولی، LED و زبر همراه با رسم منحنی مشخصه ولت- آمپر در دو گرایش مستقیم و معکوس می باشد.

مبانی نظری

ساختار دیود

به هر پیوند PN طبق شکل (۱-۱) یک دیود می گویند که به دو سر آن دو قطعه سیم فلزی جهت اتصال به مدار خارجی تعبیه گردیده و مجموعه آن داخل یک پوشش مناسب قرار داده شده است. همچنین دیود یک المان غیر خطی یک طرفه است یعنی هنگامی که در مدار قرار می گیرد باید آند و کاتد آن در نظر گرفته شود.



شکل (۱-۱): نماد مداری دیود

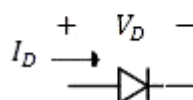
اگر آند در دیود به ولتاژی بزرگتر از کاتد وصل شود آنگاه در بایاس مستقیم است و در غیر این صورت در بایاس معکوس قرار دارد.

انواع دیودها

انواع دیود ها عبارتند از یکسوساز، زبر، نوری، نورانی و خازنی که هر یک از این دیودها کاربرد و ویژگی های خاص خود را دارد.

دیود یکسوساز

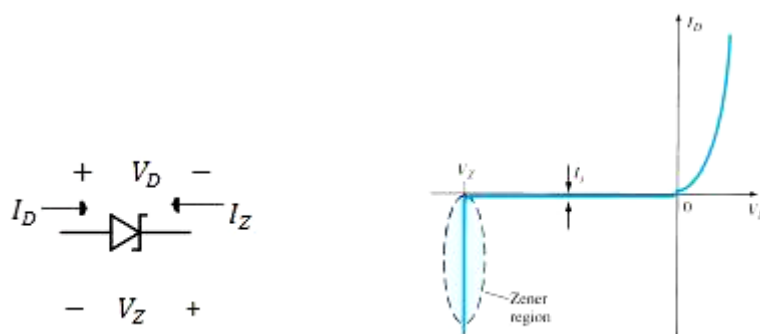
برای یکسوسازی و حفاظت در مقابل پلاریته اشتباه به کار می رود.



شکل (۱-۲): دیود یکسوساز

دیود زener

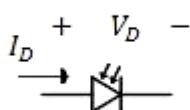
از این دیود طبق منحنی ولت-آمپر شکل (۱-۳) به منظور تثبیت کننده ولتاژ در ناحیه شکست معکوس استفاده می شود و چون به صورت معکوس بایاس می شود کاتد آن به قطب مثبت منبع ولتاژ و آند آن به قطب منفی وصل می شود در این صورت جهت جریان از کاتد به آند خواهد بود. از دیود زener همان طور که گفتیم جهت تثبیت ولتاژ در تنظیم کننده های ولتاژ استفاده می شود.



شکل (۱-۳): منحنی ولت-آمپر دیود زener

دیود نوری

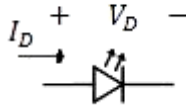
یک پیوند PN معمولی است. که در داخل یک پوشش پلاستیکی که یک سوی آن شفاف می باشد قرار گرفته است و مقدار جریانی که از خود عبور می دهد بستگی به مقدار نوری دارد که به آن می رسد. این دیود از جمله در شمردن اشیا در خط تولید، خواندن اطلاعات کارتهای سوراخ شده کامپیوتری، کلیدهای نوری و ... کاربرد دارد.



شکل (۱-۴): دیود نوری

دیود نورانی

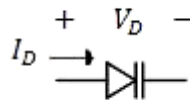
این دیود از بلور نیمه هادی گالیم-آرسنیک ساخته می شود و در آن ترکیب هر الکترون آزاد و حفره به صورت تابش یک فوتون نوری است و مانند دیود معمولی به صورت مستقیم بایاس می گردد. این دیود در نمایشگرهای دیجیتالی و مخابرات فیبر نوری کاربرد دارد.



شکل (۵-۱): دیود نورانی

دیود خازنی

با تغذیه معکوسی که به آن داده می شود یک حالت خازنی بین دو قسم PN ایجاد می شود که مقدار ظرفیت این خازن ایجاد شده بستگی به مقدار ولتاژ معکوس اعمال شده به این دیود دارد. از این دیود برای تنظیم ولتاژ مدارات تشدید LC در نوسانسازها و نیز در مدارهای مدولاسیون فرکانس استفاده می شود.



شکل (۶-۱): دیود خازنی

روش های نام گذاری دیودها:

استاندارد آمریکایی:

شماره گذاری دیودها از 1N4001 شروع و ادامه پیدا می کند.

استاندارد اروپایی:

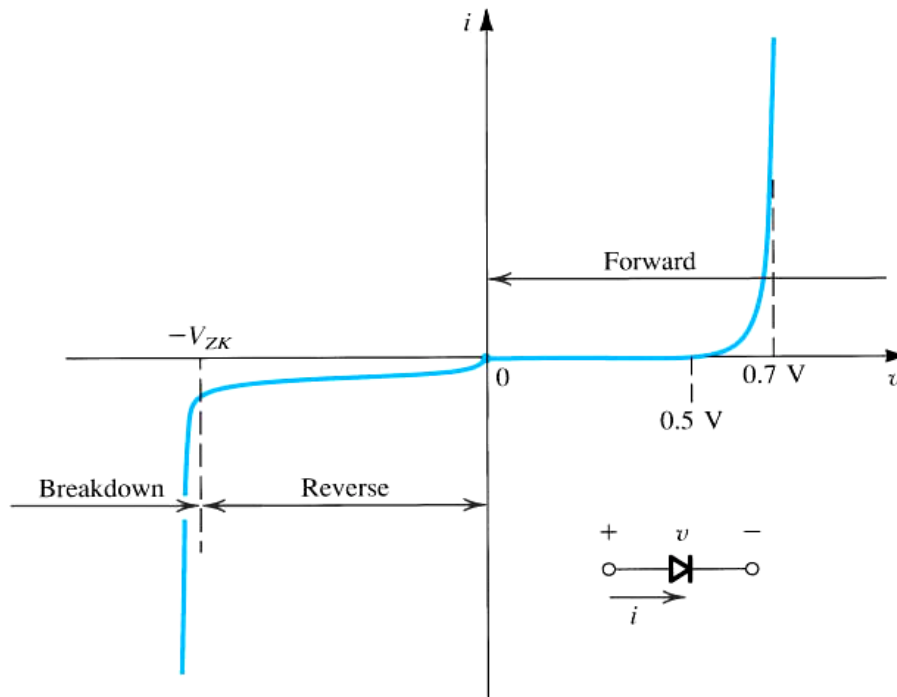
نام هر دیود با دو حرف لاتین شروع و به یک شماره ختم می شود.

استاندارد ژاپن:

شماره گذاری با 1S شروع و به یک شماره ختم می شود.

بررسی رفتار دیودهای معمولی:

رفتار یک دیود را می توان از روی منحنی مشخصه آن طبق شکل (۷-۱) مورد بررسی قرار داد که در عمل این کار به دو روش نقطه یابی و اسیلوسکوپ انجام می گیرد.



شکل (۷-۱): منحنی مشخصه دیود در بایاس مستقیم و معکوس

معادله مشخصه دیود:

رابطه بین جریان و ولتاژ دو سر دیود را معادله مشخصه می گویند. معادله مشخصه دیود از رابطه (۱-۱) بدست می آید.

$$(۱-۱)$$

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

I_S : جریان اشباع معکوس

$\langle \eta \rangle 1$: ضریب انتشار که یک پارامتر ثابت است که به جنس دیود و ساختار فیزیکی آن بستگی دارد. مقدار آن

برای $Si = 1.4$ و $Ge = 1$

می باشد.

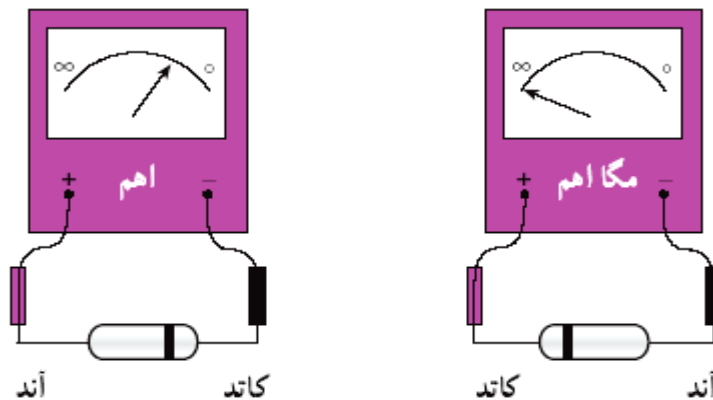
V_T : ولتاژ حرارتی که دارای رابطه زیر می باشد

$$V_T = \frac{KT}{q}$$

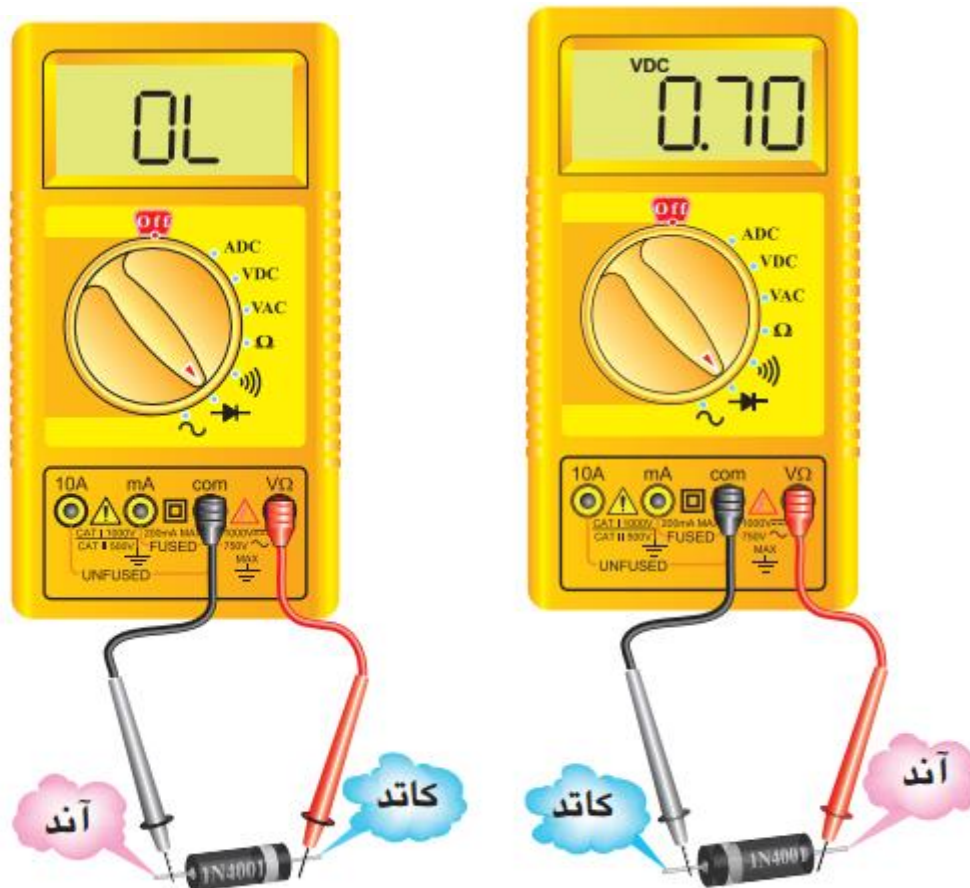
مقدار V_T در دمای معمولی 26^{mV} است.

روش آزمایش:

قدم ۱: با استفاده از اهم متر عقربه ای طبق شکل زیر پایه ها آند و کاتد را مشخص کنید.

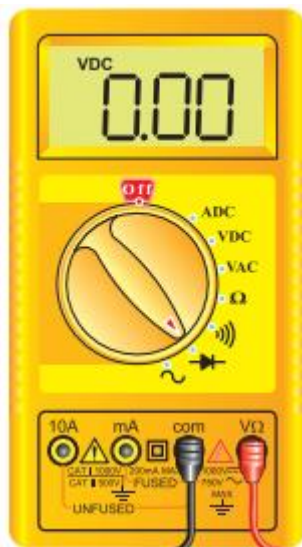


قدم ۲: با استفاده از ولت متر دیجیتال طبق شکل زیر پایه ها آند و کاتد را مشخص کنید.



آزمایش دیود در ولتاژ مخالف

آزمایش دیود در ولتاژ موافق



اگر دیود اتصال کوتاه باشد
در ولتاژ موافق یا مخالف
صفر را نشان می‌دهد.



دیود معیوب اتصال کوتاه شده است

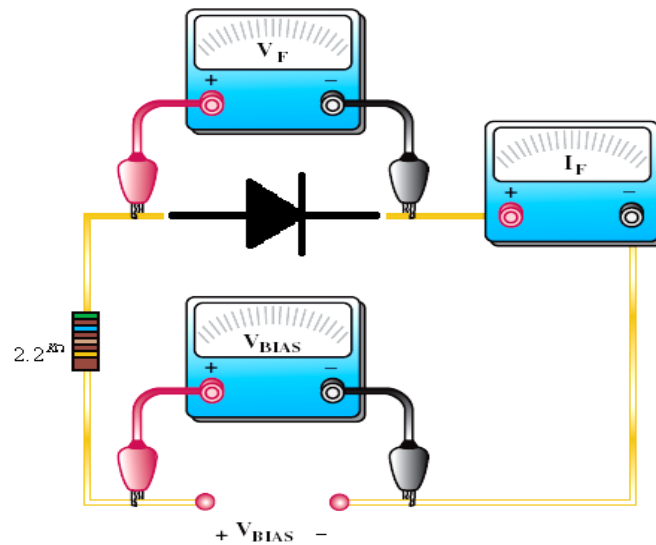


اگر دیود قطع باشد در
هر دو حالت علامت OL
به معنی Open Loop
یا Open Load را نشان
می‌دهد.



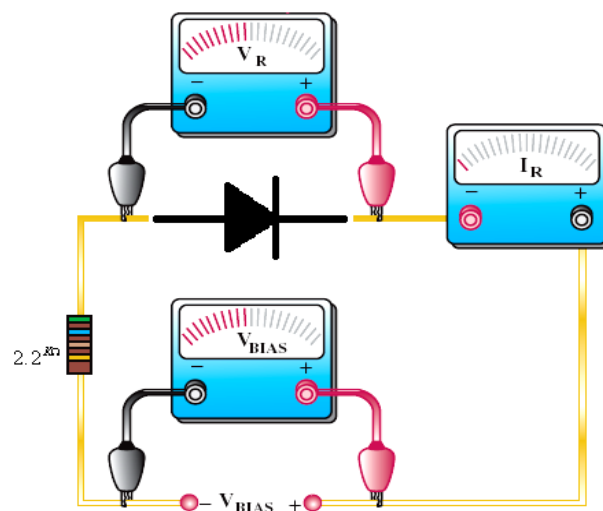
دیود قطع

قدم ۳: با استفاده از مدار زیر ابتدا جدول را تکمیل و سپس منحنی ولت-آمپر دیود را در گرایش مستقیم رسم کنید.



V_{BIAS}	$0^V - 30^V$
V_F	
I_F	

قدم ۴: با استفاده از مدار زیر ابتدا جدول را تکمیل و سپس منحنی ولت-آمپر دیود را در گرایش معکوس رسم کنید.

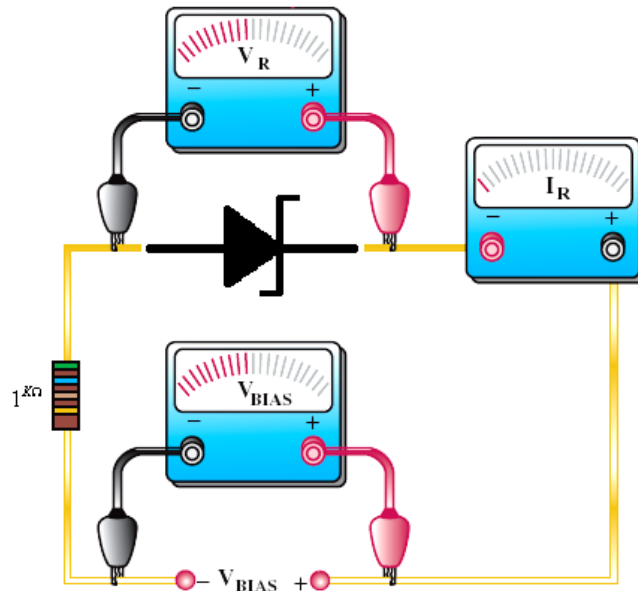


V_{BIAS}	$0^V - 30^V$
V_R	
I_R	

قدم ۵: قدم ۳ و ۴ را با قرار دادن یک دیود نورانی LED به جای دیود تکرار کنید.

قدم ۶: در قدم ۳ نوک هویه را به دیود نزدیک کنید و پس از تکمیل جدول مربوطه اثر دما بر کار دیود را بررسی کنید.

قدم ۷: با استفاده از مدار زیر منحنی ولت-آمپر دیود زبر را در گرایش معکوس رسم کنید.



V_{BIAS}	$0V - 30V$
V_R	
I_R	

پرسش:

۱- داده های به دست آمده از قدم ۳ را با نرم افزار متلب رسم کنید؟

۲- مطلوبست رسم منحنی ولت - آمپر دیود در بایاس مستقیم و معکوس با استفاده از نرم افزار PROTEUS و PSpice(Schematics)

آزمایش شماره (۲)

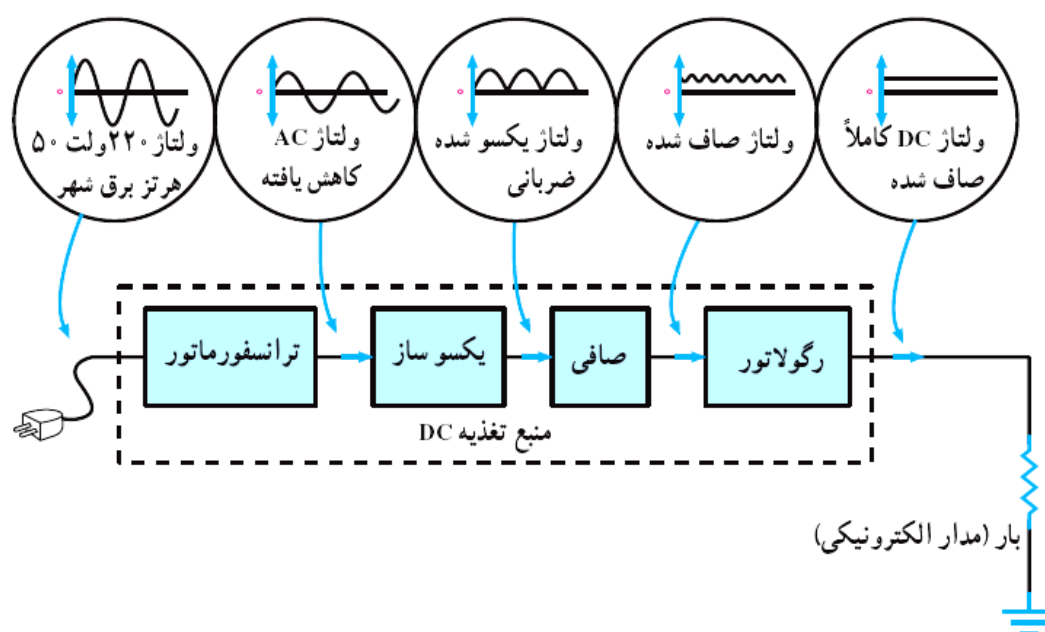
بررسی مدارات یکسوساز نیم موج

هدف:

آشنایی با کاربرد دیود به عنوان یکسوساز نحوه عملکرد آن و همچنین استفاده از خازن ها به عنوان صافی ها.

مبانی نظری:

هدف از یکسوسازی رسیدن به ولتاژهای DC است که برای مصارف دستگاه های برقی و الکترونیکی که نیاز به ولتاژهای DC دارند استفاده می شود. بنابراین برای رسیدن به این ولتاژ باید طبق بلوک دیاگرام شکل (۲-۱) منبع تغذیه ای را طراحی کنیم.



شکل (۲-۱): بلوک دیاگرام منبع تغذیه

اما در این آزمایش به بررسی مدارات یکسوساز نیم موج مثبت و منفی همراه با صافی ها می پردازیم و در ادامه در آزمایشات بعدی یکسوسازهای تمام موج و مدارات تنظیم کننده ولتاژ را بررسی می کنیم.

روش آزمایش:

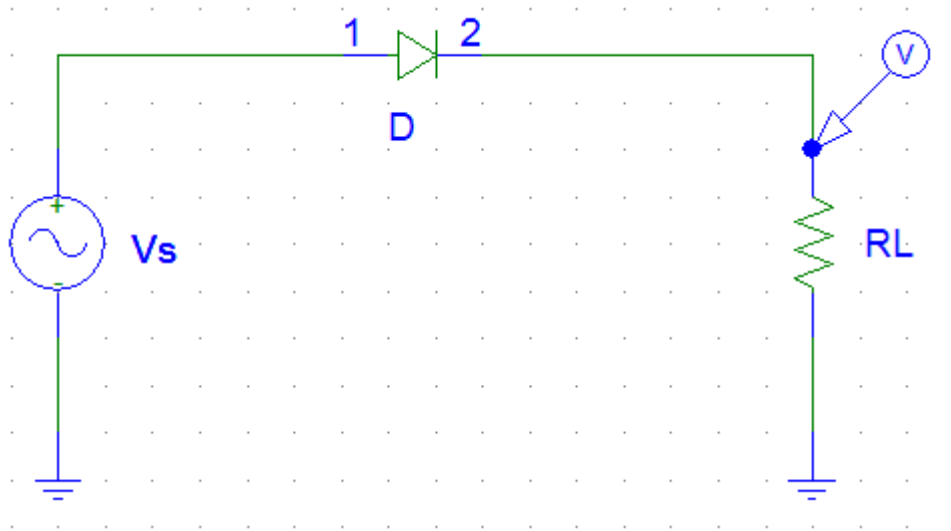
قدم ۱: مدار یکسوساز نیم موج مثبت زیر را بر روی بردبرد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.

$$V_s = 10\sin(\omega t)$$

$$f = 1\text{KHz}$$

نکته:

رسم سیگنال های زیر برای $R_L = 1\text{K}\Omega$ می باشد.



قدم ۲: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمایید.

V_o					V_s		یکسوساز نیم موج بدون صافی
I_{dc}	I_m	V_{dc}	V_{rms}	V_m	V_{rms}	V_m	
							$R_L = 1\text{K}\Omega$
							$R_L = 10\text{K}\Omega$

فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز نیم موج:

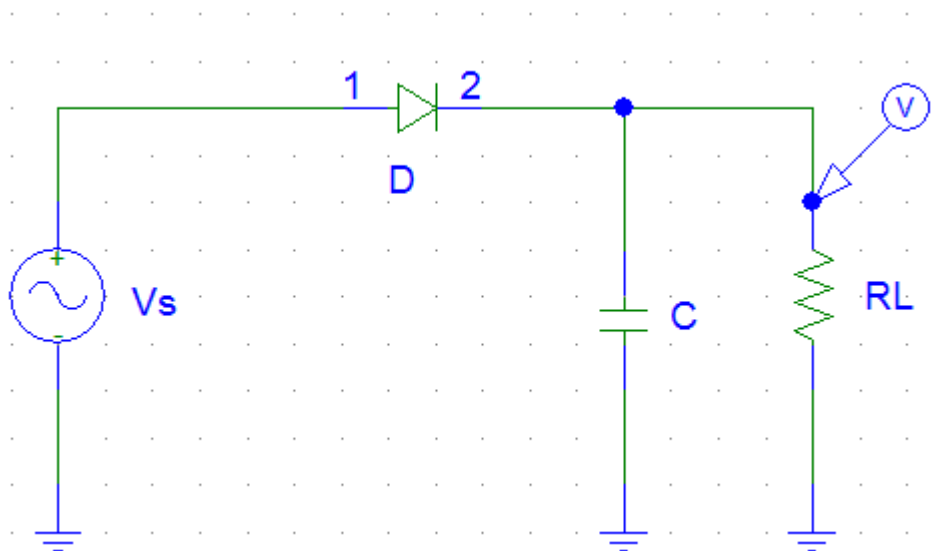
$$V_{rms}(V_i) = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi}$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = R_L I_{dc}$$

$$V_{rms}(V_o) = \frac{V_m}{2}$$

قدم ۳: مدار یکسوساز نیم موج مثبت با صافی خازن زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.



$$V_s = 10\sin(\omega t)$$

$$f = 1^{kHz}$$

$$R_L = 1^{k\Omega}$$

قدم ۴: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمائید.

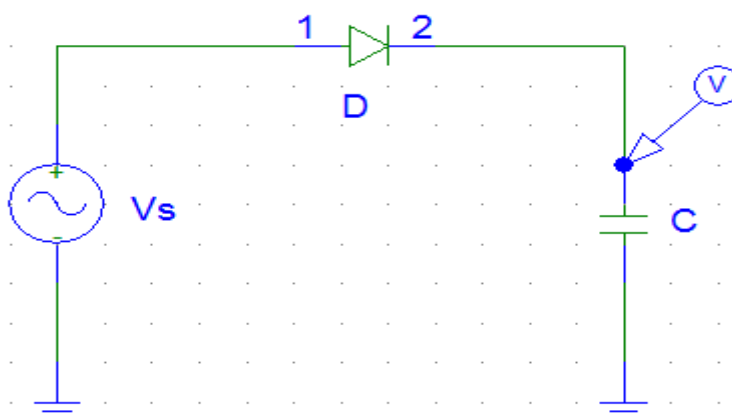
V_o				V_s		یکسوساز نیم موج با صافی خازن
V_r	I_{dc}	V_{dc}	V_{rms}	V_{rms}	V_m	
						$C = 1\mu F$
						$C = 10\mu F$
						$C = 47\mu F$
						$C = 100\mu F$

فرمول ولتاژ موجک در یکسوساز نیم موج با صافی خازن:

$$V_r = \frac{V_m}{fRC} \quad \text{داریم (Light Load) که با تقریب بار کم} \quad V_r = \frac{V_{dc}}{fRC}$$

قدم ۵: با معکوس کردن دیود در قدم های قبلی آزمایشات را برای یکسوساز نیم موج منفی تکرار کنید.

قدم ۶: مدار یکسوساز نوک زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.



$$V_s = 10\sin(\omega t)$$

$$f = 1\text{ KHz}$$

$$C = 47\mu F$$

پرسش:

- ۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار PROTEUS و PSpice(Schematics)؟
- ۲- طرز کار یکسوساز نیم موج منفی را شرح دهید؟
- ۳- طرز کار یکسوساز نیم موج منفی با صافی را شرح دهید؟
- ۴- فرمول ولتاژ مویک در یکسوساز نیم موج با صافی خازن را اثبات کنید؟
- ۵- فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز نیم موج را اثبات کنید؟
- ۶- آیا در یک مدار یکسو ساز به هر میزان می توان ظرفیت خازن را افزایش داد؟ علت چیست؟

آزمایش شماره (۳)

بررسی مدارات یکسو ساز تمام موج

هدف:

هدف از این آزمایش، طراحی مدارات یکسوساز تمام موج (مثبت و منفی) با استفاده از مدار پل و آشنایی با ویژگی ها و نحوه عملکرد این مدار است. همچنین مقایسه نتایج اندازه گیری شده با مقادیر مطلوب (تئوری) می باشد. و در ادامه استفاده از خازن ها را به عنوان صافی در این نوع از مدارات بررسی می کنیم.

روش آزمایش:

قدم ۱: مدار یکسوساز تمام موج (پل) از نوع مثبت زیر را بر روی بردبورد مونتاژ و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم

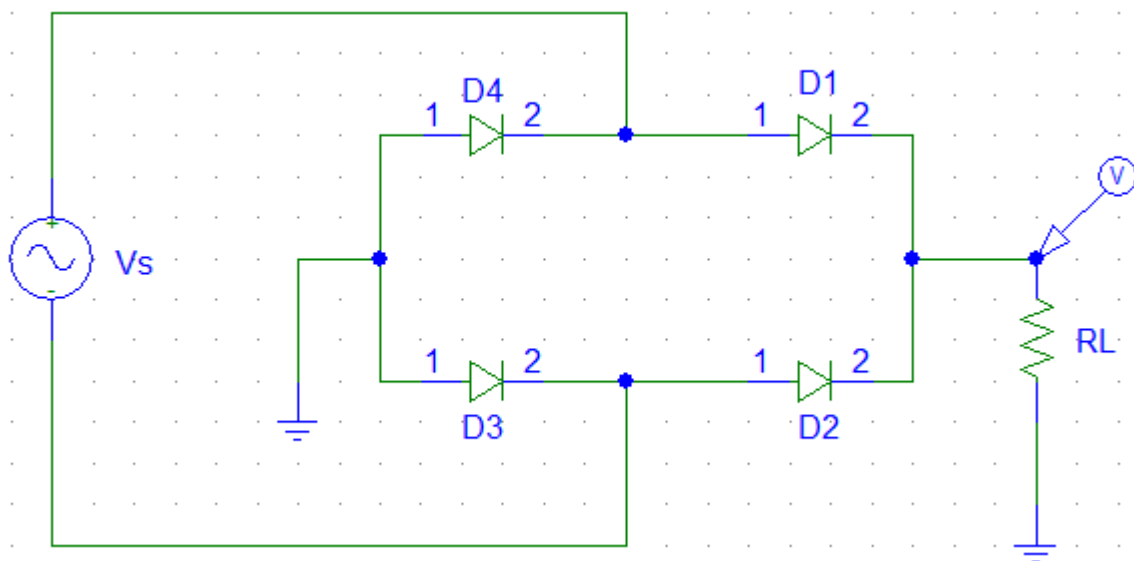
کنید.

$$V_s = 10\sin(\omega t)$$

$$f = 1\text{ KHz}$$

نکته:

رسم سیگنال های را برای $R_L = 1\text{ K}\Omega$ می باشد.



قدم ۲: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمایید.

V_o					V_s		یکسوساز تمام موج بدون صافی
I_{dc}	I_m	V_{dc}	V_{rms}	V_m	V_{rms}	V_m	
							$R_L = 1\text{K}\Omega$
							$R_L = 10\text{K}\Omega$

فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز تمام موج:

$$V_{rms}(V_i) = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$$

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = R_L I_{dc}$$

قدم ۳: مدار یکسوساز تمام موج (پل) مثبت با صافی خازن زیر را بر روی بردبرد مونتاز و سپس سیگنال های مورد نظر را رسم کنید.

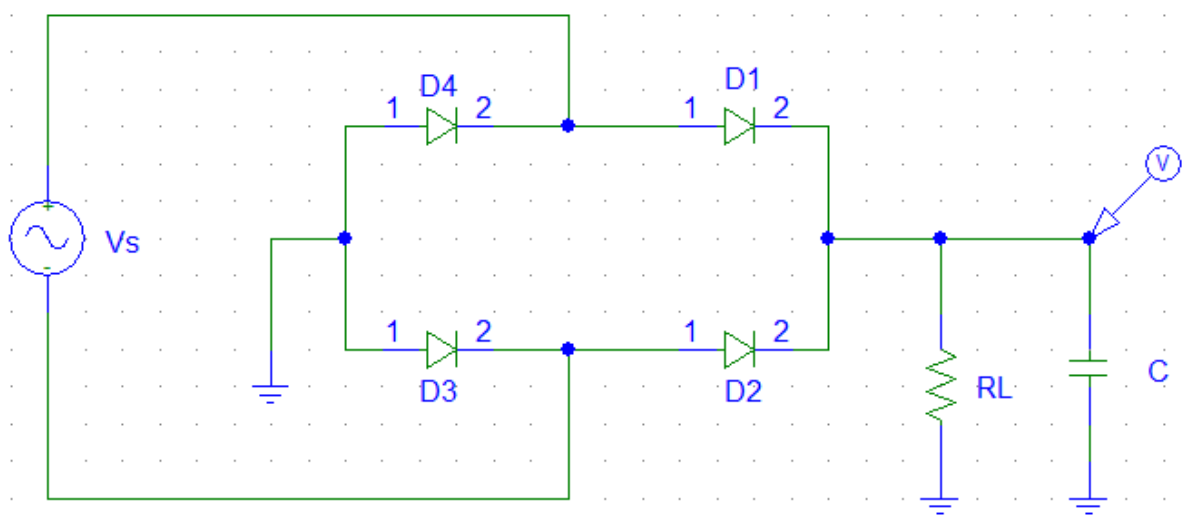
$$V_s = 10\sin(\omega t)$$

$$f = 1\text{KHz}$$

$$R_L = 1\text{K}\Omega$$

نکته:

رسم سیگنال های زیر برای $C = 1\mu F$ می باشد.



قدم ۴: با استفاده از ولت متر و اسیلوسکوپ جدول زیر را تکمیل نمائید.

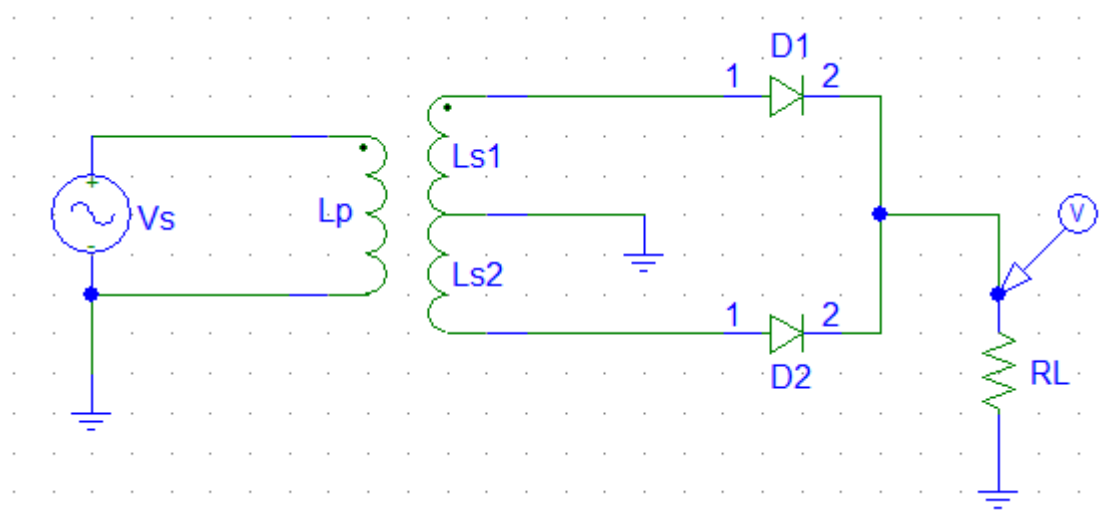
V_o				V_s		یکسوساز تمام موج با صافی خازن
V_r	I_{dc}	V_{dc}	V_{rms}	V_{rms}	V_m	
						$C = 1\mu F$
						$C = 10\mu F$
						$C = 47\mu F$
						$C = 100\mu F$

فرمول ولتاژ موجک در یکسوساز تمام موج با صافی خازن:

$$V_r = \frac{V_m}{2fRC} \text{ داریم (Light Load) که با تقریب بار کم } V_r = \frac{V_{dc}}{2fRC}$$

قدم ۵: با معکوس کردن دیود در قدم های قبلی آزمایشات را برای یکسوساز تمام موج (پل) از نوع منفی تکرار کنید.

قدم ۶: مدار یکسوساز تمام موج با مبدل سر وسط زیر را با نرم افزار PSpice پیاده سازی کنید.



پرسش:

- ۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار PROTEUS و PSpice(Schematics)؟
- ۲- با استفاده از نرم افزار PROTEUS و PSpice(Schematics) تمامی مدارات یکسوساز تمام موج با مبدل سر وسط را پیاده سازی کنید؟
- ۳- طرز کار یکسوساز تمام موج(پل) از نوع منفی را شرح دهید؟
- ۴- طرز کار یکسوساز تمام موج(پل) از نوع منفی با صافی را شرح دهید؟
- ۵- فرمول ولتاژ مویک در یکسوساز تمام موج(پل) با صافی خازن را اثبات کنید؟
- ۶- فرمول های مورد استفاده در محاسبه مقادیر تئوری یکسوساز تمام موج (پل) را اثبات کنید؟
- ۷- پس از انجام آزمایشات یکسوساز نیم موج و تمام موج معایب و مزایا هر کدام را شرح دهید؟
- ۸- نقش خازن را در یکسوسازهای نیم موج و تمام موج به عنوان صافی چگونه توجیح می کنید؟

آزمایش شماره (۴)

بررسی مدارات برش

هدف:

پیاده‌سازی انواع مدارهای برشگر و به دست آوردن منحنی ولتاژ خروجی بر حسب ولتاژ ورودی، مقایسه نتایج تئوری با نتایج عملی.

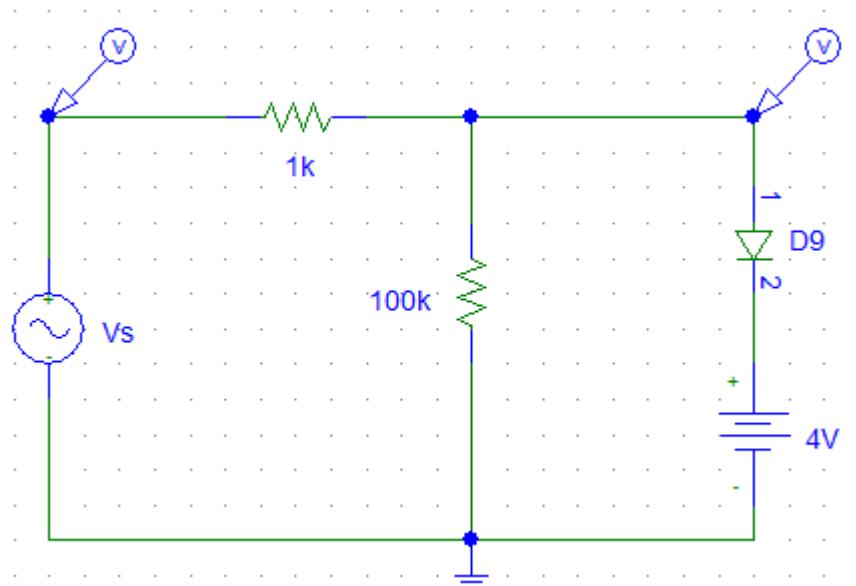
روش آزمایش:

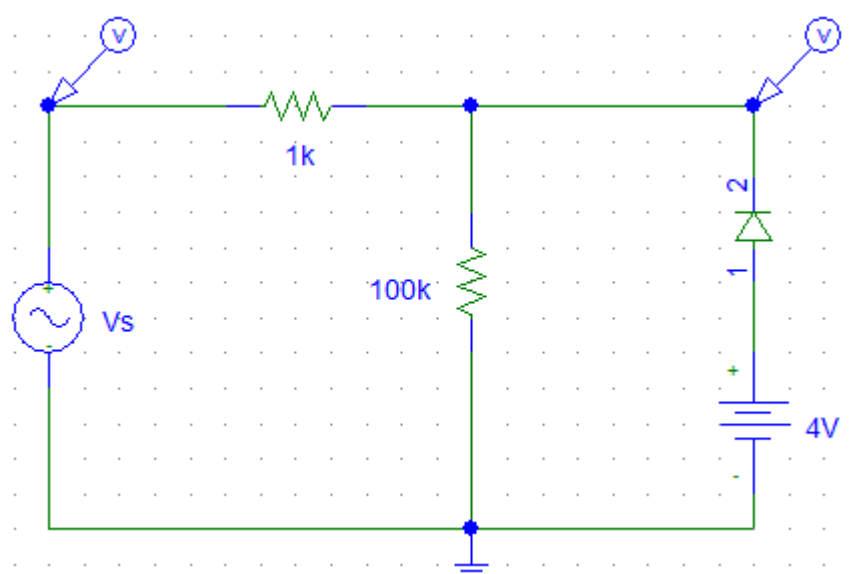
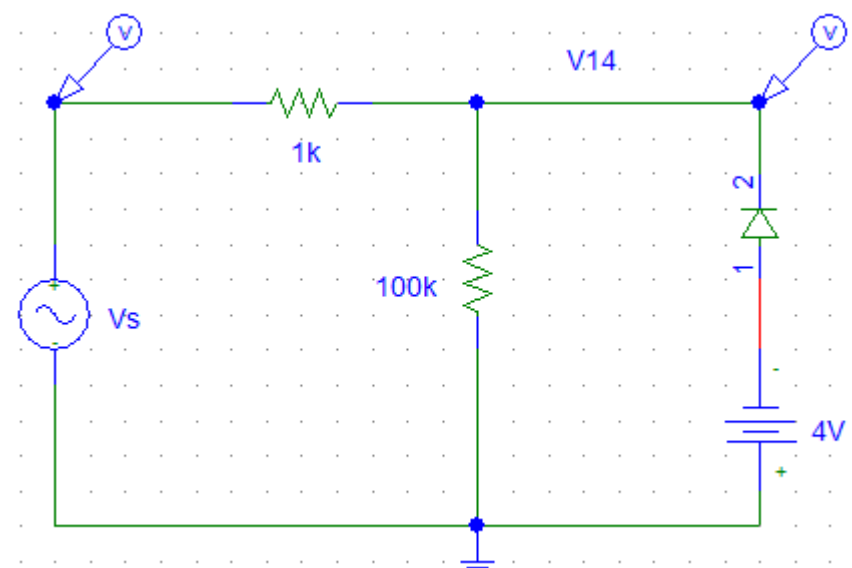
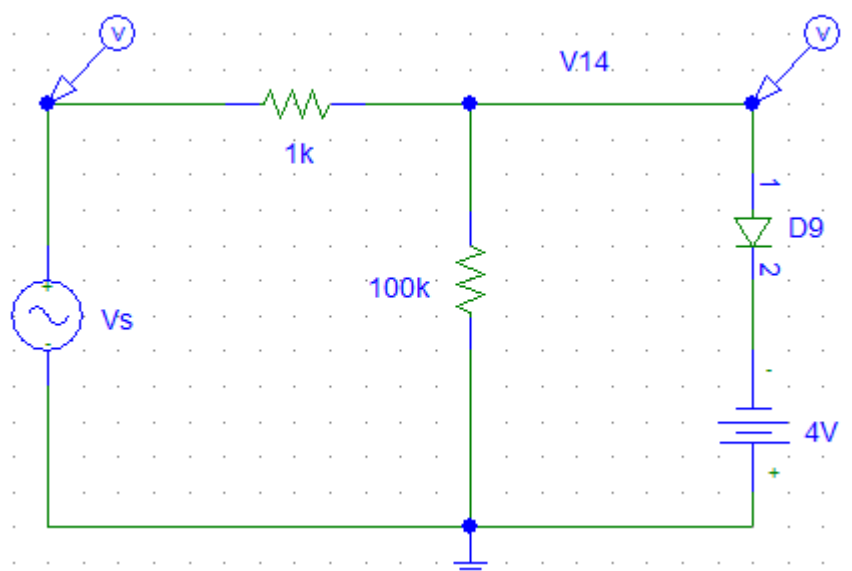
قدم ۱:

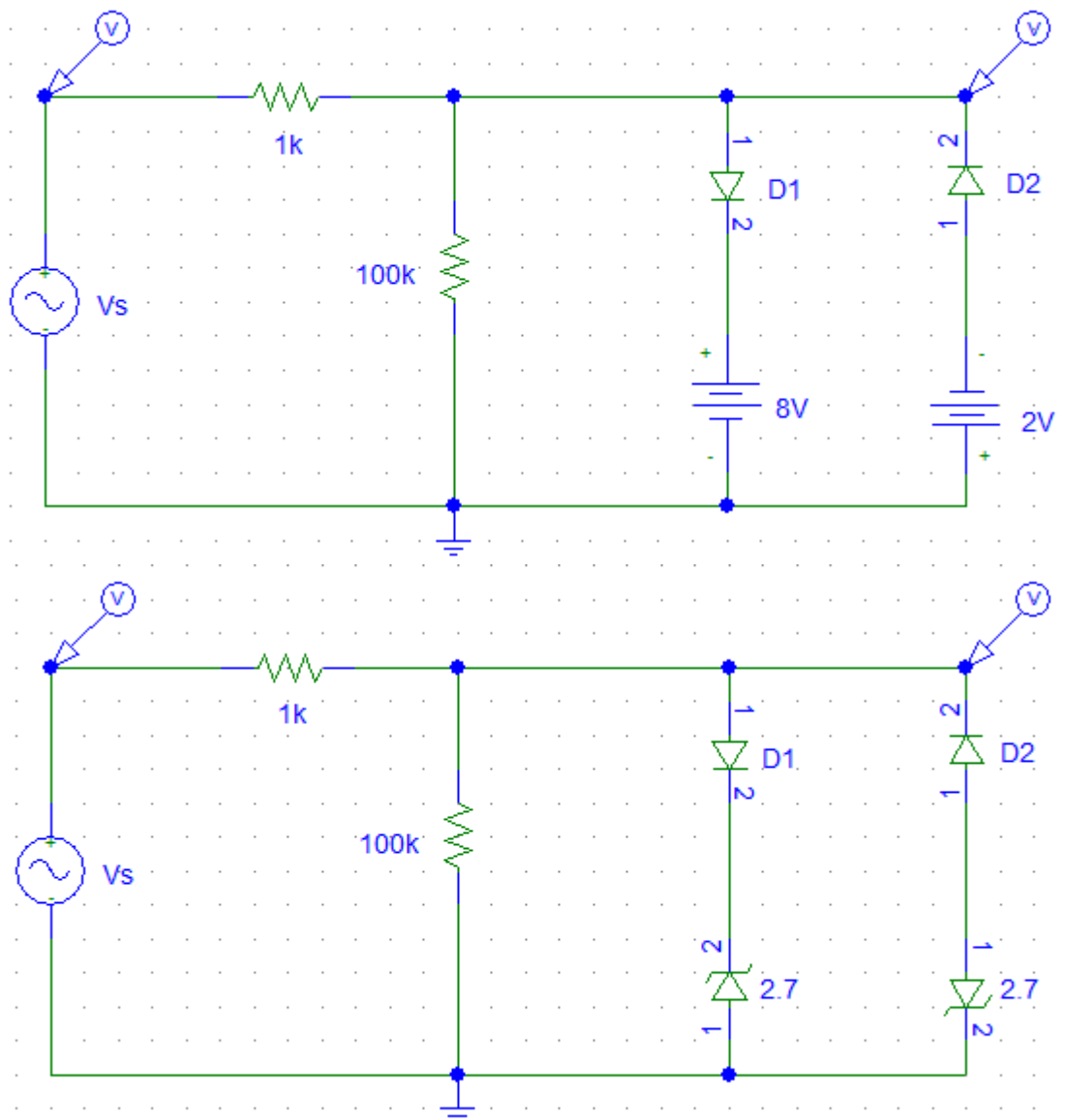
نحوه ی عملکرد مدارت زیر را ابتدا تحلیل و پس از ارائه به استاد مربوطه مدار مورد نظر را مونتاژ و خروجی مورد نظر را رسم کنید.

$$V_s = 10\sin(\omega t)$$

$$f = 1\text{KHz}$$

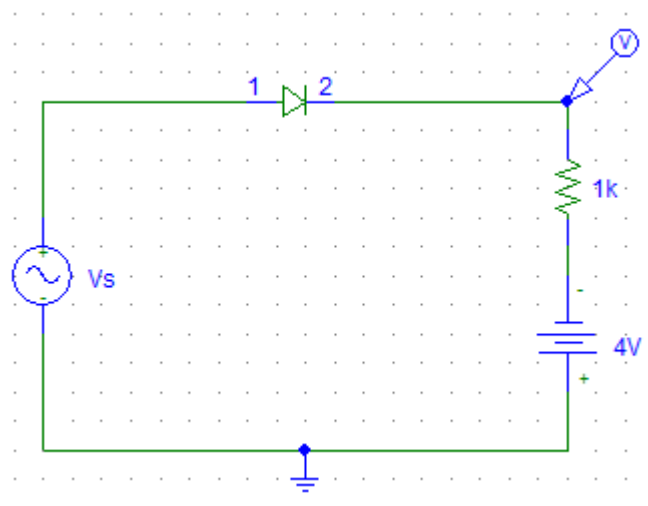






پرسش:

- ۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار PROTEUS و PSpice(Schematics)؟
- ۲- نحوه ی عملکرد مدار زیر را ابتدا تحلیل سپس با استفاده از نرم افزار PROTEUS و PSpice(Schematics) آنرا پیاده سازی کنید؟



آزمایش شماره (۵)

بررسی مدارات جهش

هدف:

هدف از این آزمایش تحلیل و بررسی نحوه کار مدارات جهش یا کرانبد می باشد. در این آزمایش مدارات دیودی را بررسی می کنیم که سطح سیگنال اعمالی را تغییر می دهند، که اگر این تغییر رو به بالا باشد کرانبد مثبت و اگر رو به پایین باشد کرانبد منفی می باشد.

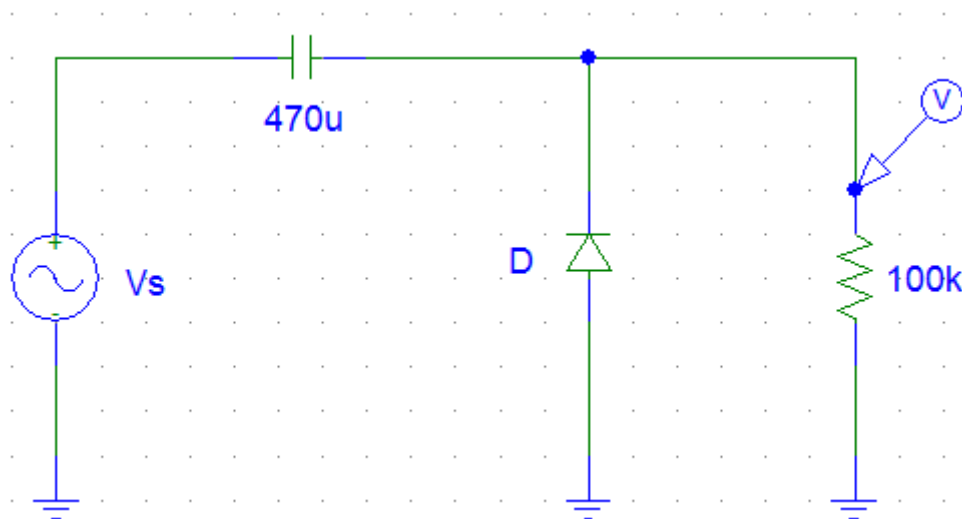
روش آزمایش:

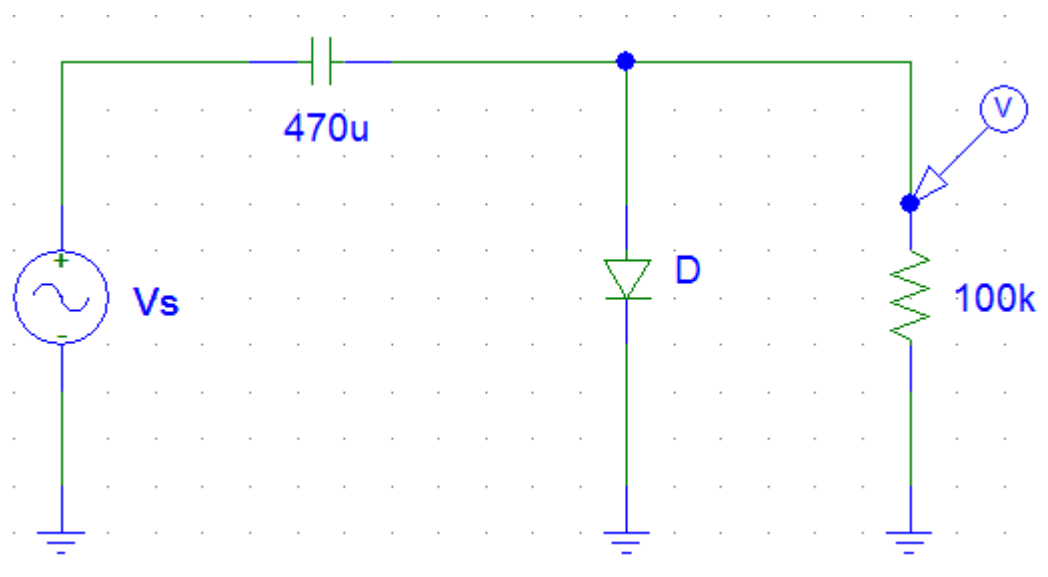
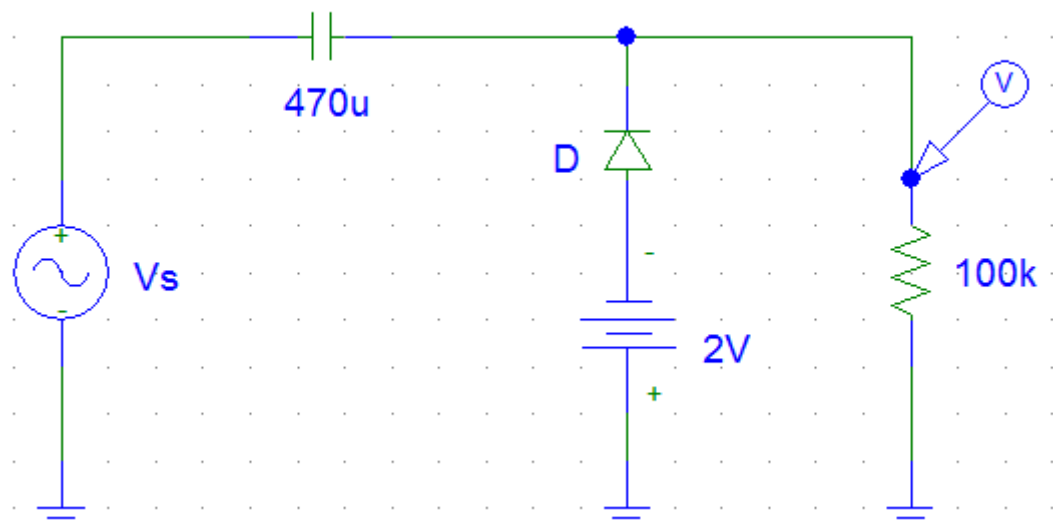
قدم ۱: مداری مطابق شکل های زیر روی بردبورد مونتاژ کنید. به کمک اسیلوسکوپ سیگنال خروجی را مشاهده کرده و

رسم کرده و با تحلیل نظری خود مقایسه نمایید.

$$V_s = 6\sin(\omega t)$$

$$f = 1\text{ KHz}$$





پرسش:

۱- مطلوبست آزمایشات فوق با استفاده از نرم افزار PROTEUS و PSpice(Schematics)

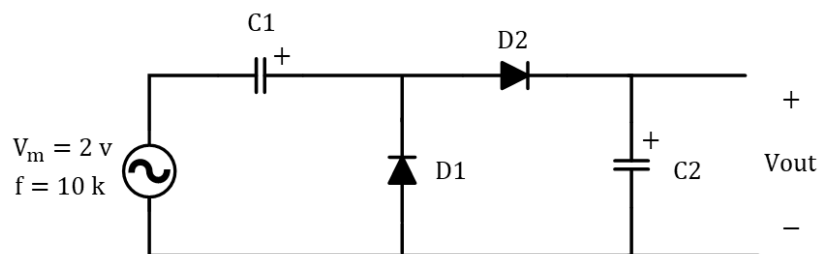
آزمایش شماره (۶)

دو برابر کننده ولتاژ

قدم ۱: مدار زیر را بر روی بردبورد مونتاژ کرده و جدول زیر را کامل کنید.

$$V_s = 2\sin(\omega t)$$

$$f = 10^{KHZ}$$



R_L	$V_{c1} \text{ (DC)}$	$V_{c2} \text{ (DC)}$	$V_O \text{ (DC)}$	V_{om}
∞				
100 k				
22 k				
4.7 k				

قدم ۲: در مدار فوق دیود ها را برعکس و دوباره جدول مربوطه را کامل کنید.

R_L	$V_{c1} \text{ (DC)}$	$V_{c2} \text{ (DC)}$	$V_O \text{ (DC)}$	V_{om}
∞				
100 k				
22 k				
4.7 k				

آزمایش شماره (۷)

آشنایی با ترانزیستور و بررسی منحنی مشخصه آن

هدف:

هدف این آزمایش آشنایی با انواع ترانزیستور و نحوه تشخیص پایه های آن و رسم منحنی مشخصه های ترانزیستور در حالت امیتر مشترک می باشد.

مبانی نظری:

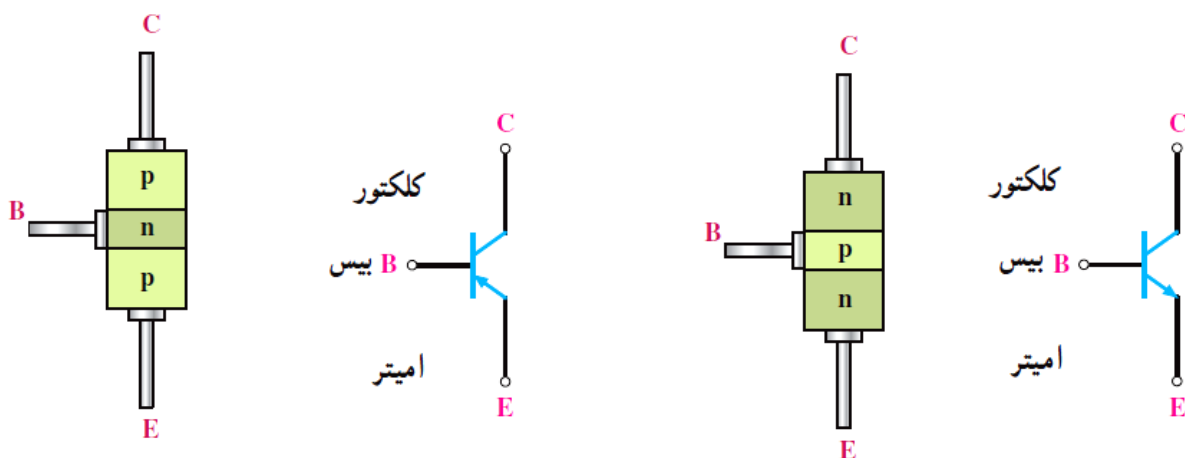
ساختار ترانزیستور:

ترانزیستور معمولی، یک المان سه قطبی است که از سه کریستال نیمه هادی نوع P و N که در کنار یکدیگر قرار می گیرند تشکیل شده است. ترتیب قرار گرفتن نیمه هادی ها در کنار هم می تواند به دو صورت انجام پذیرد:

الف) دو قطعه نیمه هادی نوع N در دو طرف و نیمه هادی نوع P در وسط.

ب) دو قطعه نیمه هادی نوع P در دو طرف و نیمه هادی نوع N در وسط.

در حالت (الف)، ترانزیستور را (NPN) و در حالت (ب)، ترانزیستور را (PNP) می نامند. شکل زیر ترتیب قرار گرفتن نیمه هادی ها را کنار یکدیگر نشان می دهد.



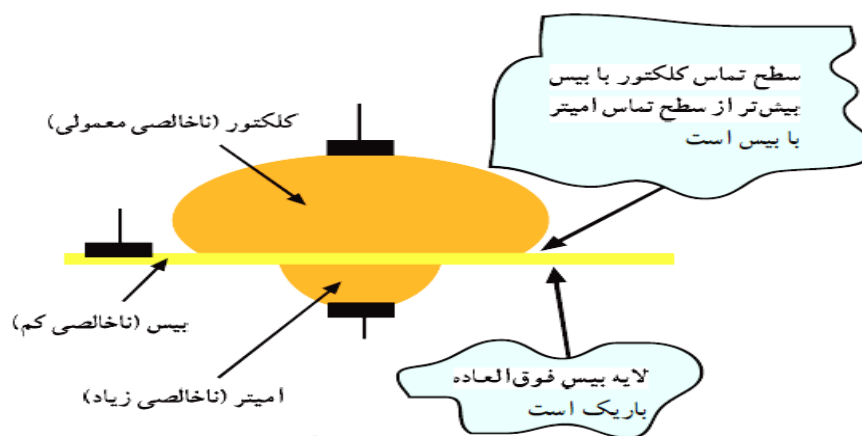
شکل (۷-۱): ترانزیستور PNP و NPN

پایه های خروجی ترانزیستور را به ترتیب امیتر، بیس، کلکتور نامگذاری کرده اند. امیتر را با حرف E بیس را با حرف B و کلکتور را با حرف C نشان می دهند.

نیمه هادی نوع P یا N که بعنوان امیتر به کار می رود، نسبت به لایه بیس و کلکتور، دارای ناخالصی بیشتری می باشد. ضخامت این لایه حدود چند ده میکرون است (عملا حدود ۲۰-۲۰۰۰ میکرومتر) و سطح تماس آن نیز بستگی به میزان فرکانس و قدرت ترانزیستور دارد.

لایه ی بیس نسبت به کلکتور و امیتر دارای ناخالصی کمتری است و ضخامت آن نیز به مراتب کمتر از امیتر و کلکتور می باشد و عملا از چند میکرون تجاوز نمی کند.

ناخالصی لایه کلکتور از امیتر کمتر و از بیس بیشتر است. ضخامت این لایه به مراتب بزرگتر از امیتر می باشد، زیرا تقریبا تمامی تلفات حرارتی ترانزیستور در کلکتور ایجاد می شود. شکل (۷-۱) تصویری از نسبت تقریبی لایه ها را نشان می دهد. سطح تماس کلکتور با بیس حدودا نه برابر سطح تماس امیتر با بیس می باشد. این نوع ترانزیستورها را به اختصار BJT (Bipolar Junction Transistor) می نامند. عبارت دو قطبی، ناشی از عملکرد الکترون ها و حفره ها به عنوان حامل های جریان می باشد.

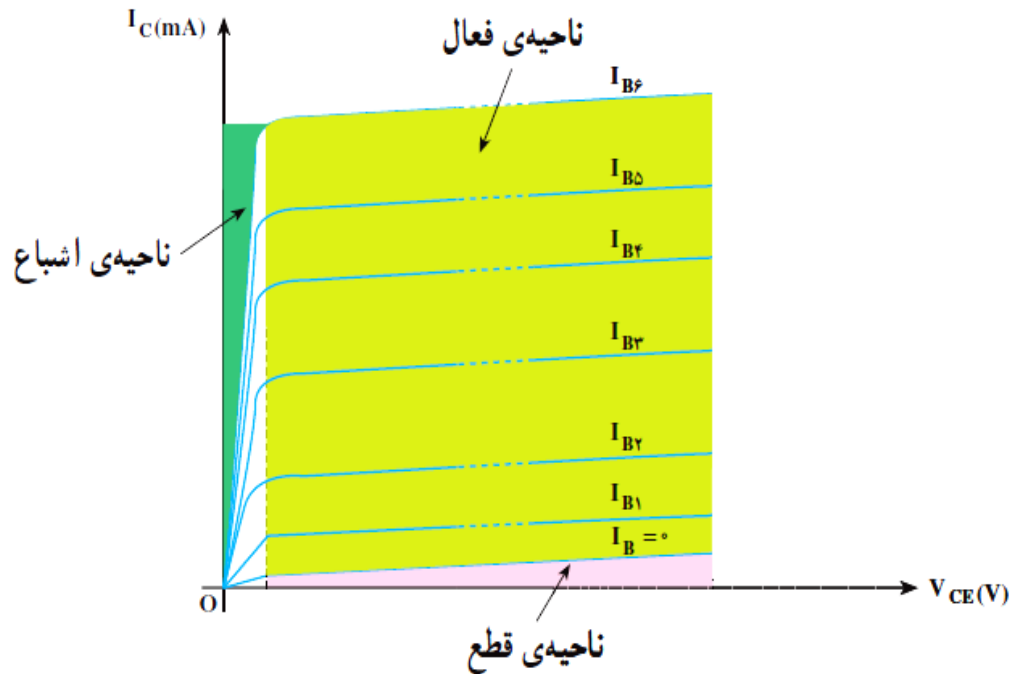


شکل (۷-۲): نسبت تقریبی لایه ها در ترانزیستور

اما در ادامه در روش آزمایش به بررسی پایه های ترانزیستور و منحنی مشخصه های آن می پردازیم ولی در بخش نظری به دلیل اهمیت منحنی مشخصه خروجی، آن را بررسی می کنیم.

منحنی مشخصه خروجی مدار امیتر مشترک:

منحنی مشخصه خروجی مدار امیتر مشترک، دسته منحنی های تغییرات جریان کلکتور بر حسب ولتاژ کلکتور-امیتر به ازای مقادیر مختلف جریان بیس است که شکل (۷-۲) مشخصه خروجی یک ترانزیستور سیلیکونی NPN را در سه ناحیه کاری نشان می دهد.

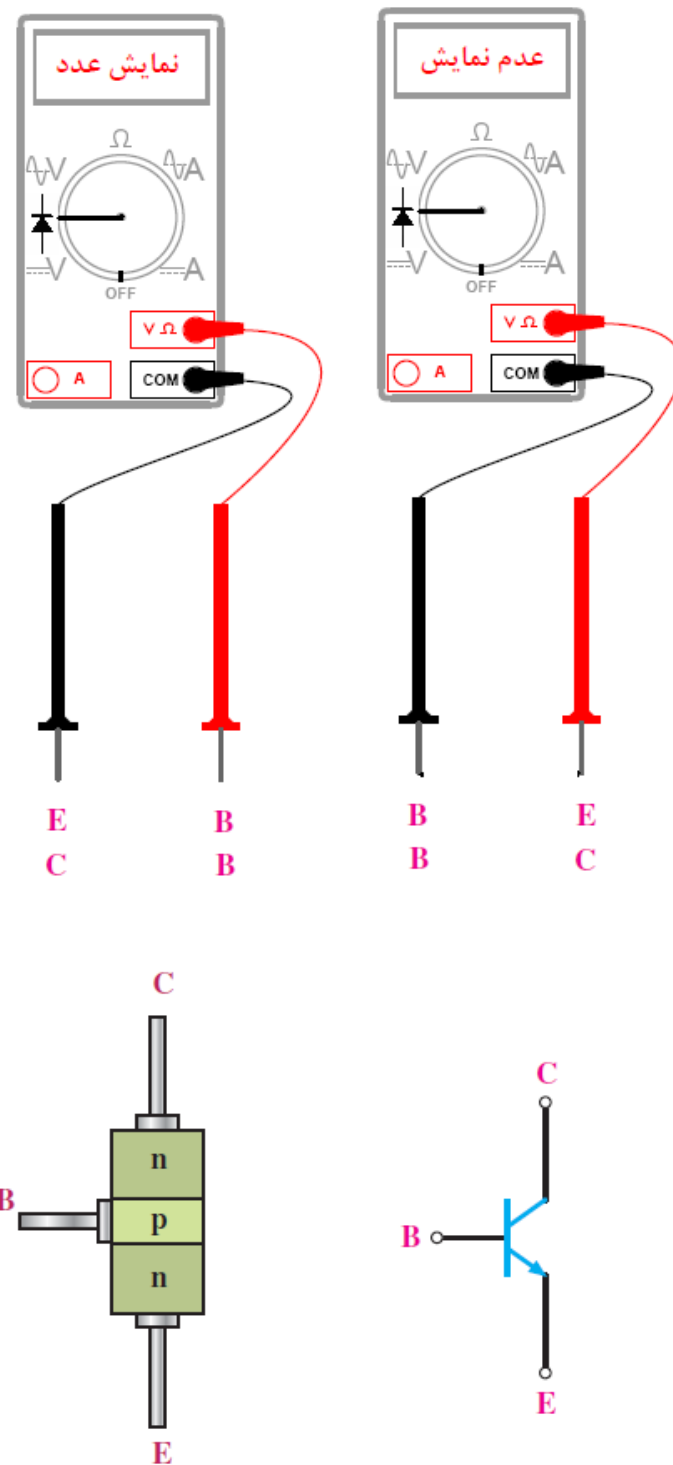


شکل (۷-۳): منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور

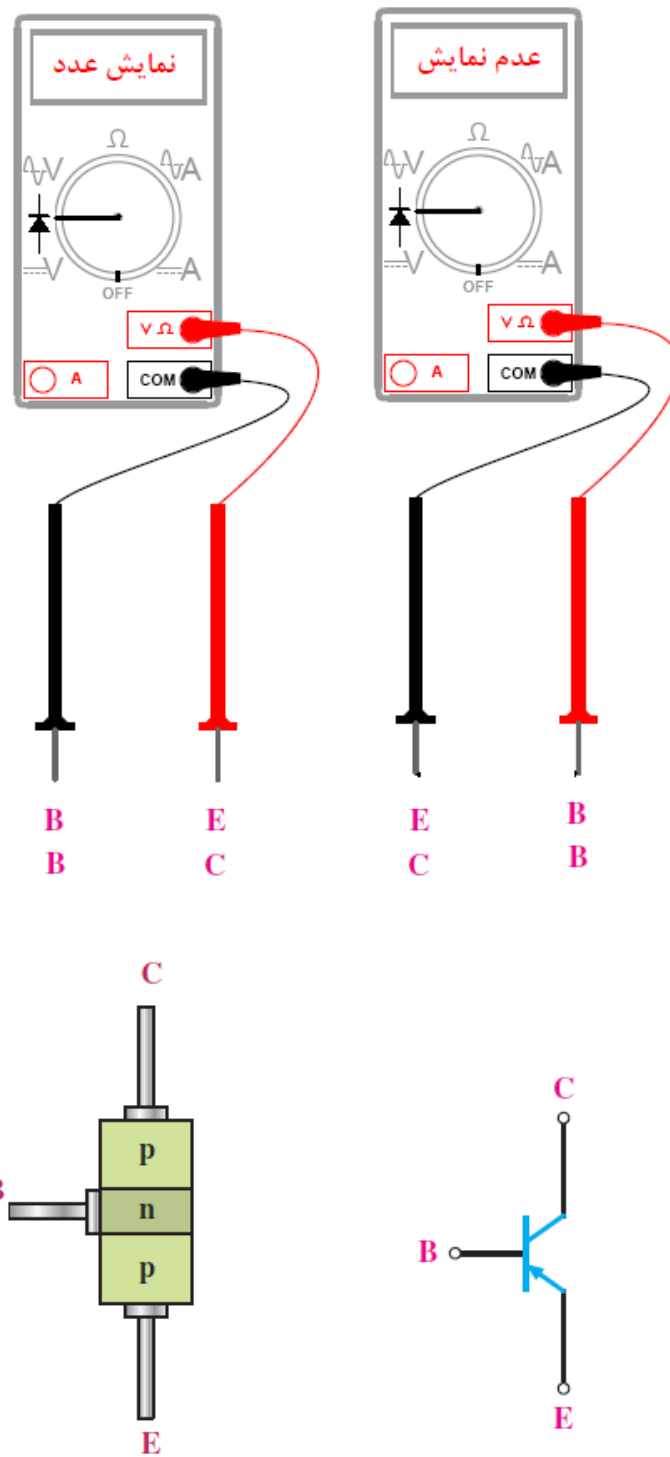
روش آزمایش:

قدم ۱: با استفاده از ترانزیستورهای که در اختیار دارید پایه های ترانزیستور PNP , NPN را به روش زیر در جدول صفحه ۳۲ مشخص شده تکمیل کنید:

:NPN



:PNP



نکته:

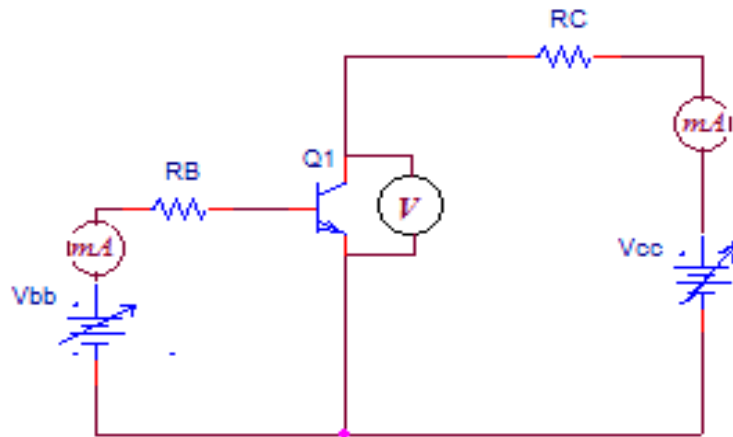
در هر دو حالت برای تشخیص C از E مقدار عددی E بیشتر از C می باشد.

[illegible]

قدم ۲:

رسم منحنی مشخصه خروجی مدار آمیتر مشترک:

پس از مونتاژ مدار و تکمیل جدول، داده های اندازه گیری شده را با منحنی مشخصه خروجی مقایسه کنید.



$$R_c = 1^{K\Omega}$$

$$R_B = 100^{K\Omega}$$

$$Q = BC107$$

[illegible]

آزمایش شماره (۸)

بررسی مدار هدایت ترانزیستور

هدف:

بررسی ترانزیستور در دو ناحیه قطع و اشباع به عنوان سوئیچ.

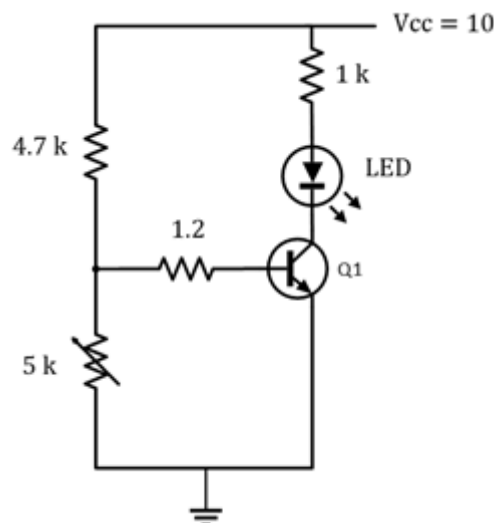
مبانی نظری:

ترانزیستور دارای ۳ ناحیه کاری می‌باشد. ناحیه قطع/ ناحیه فعال (کاری یا خطی)/ ناحیه اشباع. ناحیه قطع حالتی است که ترانزیستور در آن ناحیه فعالیت خاصی انجام نمی‌دهد. اگر ولتاژ بیس را افزایش دهیم ترانزیستور از حالت قطع بیرون آمده و به ناحیه فعال وارد می‌شود در حالت فعال ترانزیستور مثل یک عنصر تقریباً خطی عمل می‌کند اگر ولتاژ بیس را همچنان افزایش دهیم به ناحیه‌ای می‌رسیم که با افزایش جریان ورودی در بیس دیگر شاهد افزایش جریان بین کلکتور و امیتر نخواهیم بود به این حالت می‌گویند حالت اشباع و اگر جریان ورودی به بیس زیاد تر شود امکان سوختن ترانزیستور وجود دارد. ترانزیستور هم در مدارات الکترونیک آنالوگ و هم در مدارات الکترونیک دیجیتال کاربردهای بسیار وسیعی دارد. در مدارات آنالوگ ترانزیستور در حالت فعال کار می‌کند و می‌توان از آن به عنوان تقویت کننده یا تنظیم کننده ولتاژ (رگولاتور) و... استفاده کرد. و در مدارات دیجیتال ترانزیستور در دو ناحیه قطع و اشباع فعالیت می‌کند که می‌توان از این حالت ترانزیستور در پیاده سازی مدار منطقی، حافظه، سوئیچ کردن و... استفاده کرد.

روش آزمایش:

قدم ۱:

مدار مورد نظر زیر را مونتاژ و پس از تکمیل جدول های مربوطه در قدم های بعدی در خصوص قطع و اشباع بودن ترانزیستور به استاد مربوطه گزارش ارائه دهید.



قدم ۲:

با تنظیم پتانسیومتر، LED را خاموش کنید و جدول زیر را تکمیل کنید.

حالت ترانزیستور	I_C	V_{CE}	V_{BE}

قدم ۳:

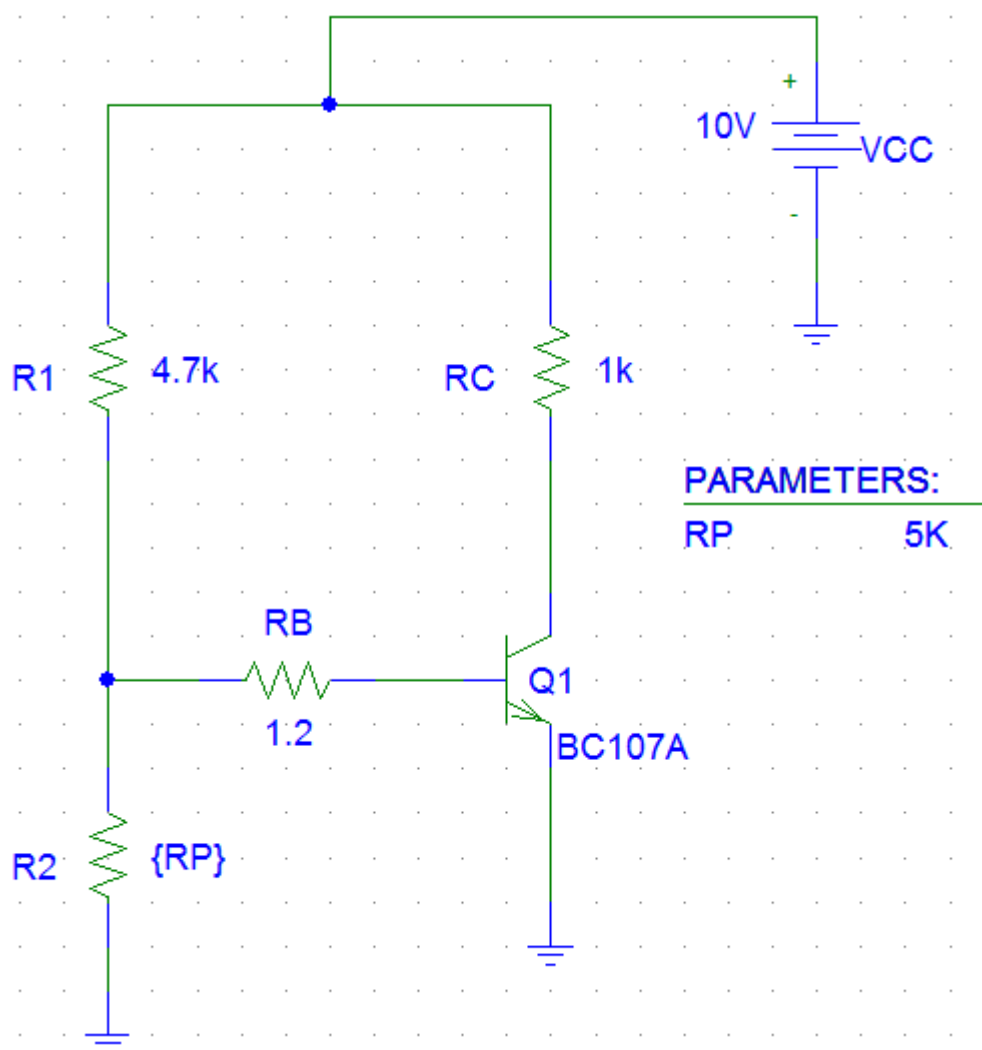
با تنظیم پتانسیومتر، LED را در حداکثر روشنایی قرار داده و جدول زیر را تکمیل کنید.

حالت ترانزیستور	I_C	V_{CE}	V_{BE}

پرسش:

۱- نحوه ی عملکرد مدار فوق را ابتدا تحلیل سپس با استفاده از نرم افزار PROTEUS یا PSpice آنرا پیاده سازی کنید؟

۲- در مدار زیر مطلوب است نمایش منحنی ولتاژ V_{CE} بر حسب R_2 ؟



آزمایش شماره (۹)

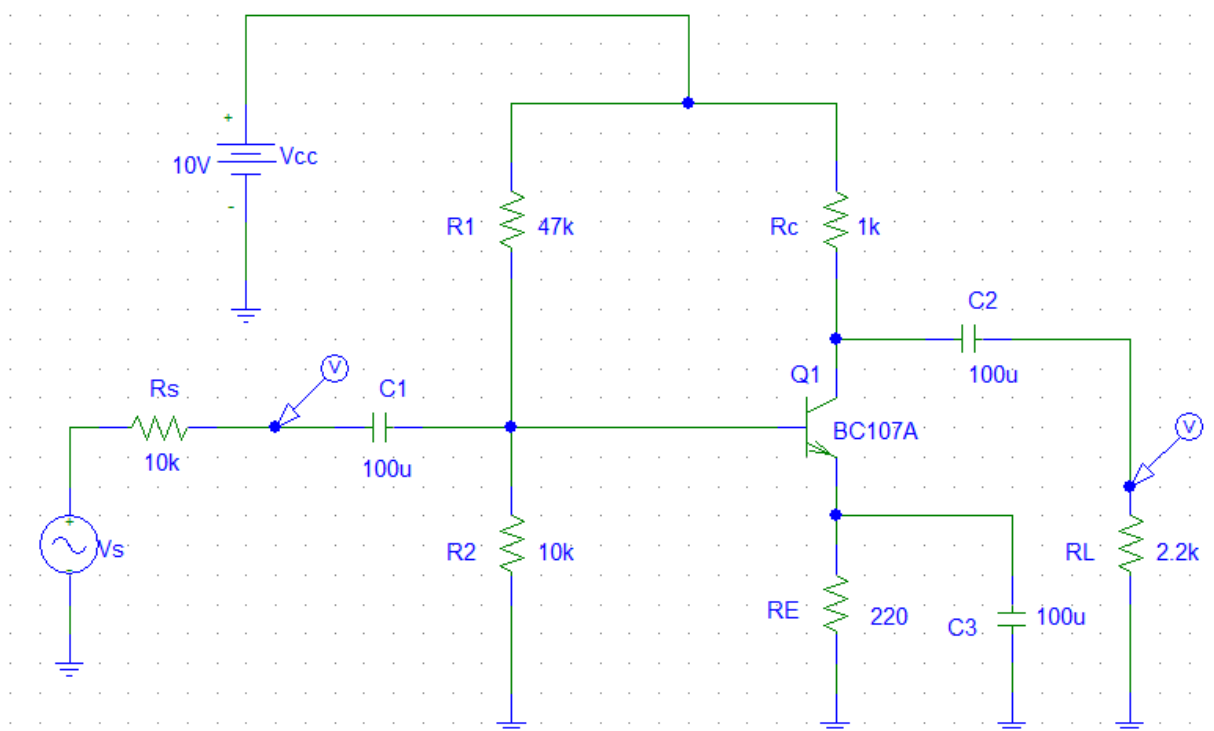
تقویت کننده امیتر مشترک

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده امیتر مشترک با مدار خود بایاس با مشخصات داده شده در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

روش آزمایش:

قدم ۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.



قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

ناحیه کار ترانزیستور	I_{CQ}	V_{BEQ}	V_{CEQ}

قدم ۳: بدون V_S ، R_L را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیمم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۳ را توضیح دهید؟

قدم ۴: با تنظیم فرکانس V_S سعی کنید سیگنال خروجی را ماکزیموم کنید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۴ را نیز توضیح دهید؟

قدم ۵: توسط اسیلوسکوپ روابط زیر را تکمیل و به استاد مربوطه تحویل نمائید.

بهره ولتاژ:

$$A_{V_1} = \frac{V_0(NL)}{V_i}$$

$$A_{V_2} = \frac{V_0(FL)}{V_i}$$

$$A_{V_3} = \frac{V_0(NL)}{V_S}$$

$$A_{V_4} = \frac{V_0(FL)}{V_S}$$

راهنمایی:

$V_0(NL)$: ولتاژ خروجی بدون بار

$V_0(FL)$: ولتاژ خروجی با بار

بهره جریان:

$$I_i = \frac{V_S - V_i}{R_S}$$

$$I_o = \frac{V_{O(NL)}}{R_C}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i}$$

مقاومت ورودی:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i}$$

مقاومت خروجی:

$$R_o = \frac{V_0(NL) - V_0(FL)}{V_0(FL)} \times R_L$$

قدم ۶: با استفاده از پتانسیومتر مقاومت ورودی و خروجی را اندازه گیری کنید.

راهنمایی: جهت اندازه گیری مقاومت خروجی و ورودی با استفاده از پتانسیومتر کافی است پتانسیومتر مورد نظر را به جای R_S و R_L گذاشته و در هر مرحله سیگنال خروجی را به نصف مقدار اولیه کاهش دهیم سپس مقدار پتانسیومتر را اندازه گیری کنیم تا مقاومت خروجی و ورودی اندازه گیری شود.

قدم ۷: با حذف خازن C_E قدم ۵ و ۶ را تکرار کنید.

پرسش:

- ۱- مقادیر اندازه گیری شده از قدم ۲ و ۵ را با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید؟
- ۲- جهت اندازه گیری مقاومت خروجی و ورودی با استفاده از پتانسیومتر را با ذکر روابط اثبات کنید؟
- ۳- با حذف خازن C_E در مدار تقویت کننده امیتر مشترک مطلوبست بهره ولتاژ، جریان و مقاومت ورودی، خروجی؟
- ۴- بهترین نقطه کار را برای تقویت کننده امیتر مشترک محاسبه کنید؟
- ۵- در نقطه کار فوق اگر فرض کنیم $V_{BE} = 0.7$, $\beta = 200$ باشد، مقاومت‌های R_1, R_2 را محاسبه کنید؟
- ۶- آزمایش فوق را با استفاده از یک نرم افزار دلخواه پیاده سازی کنید؟

آزمایش شماره (۱۰)

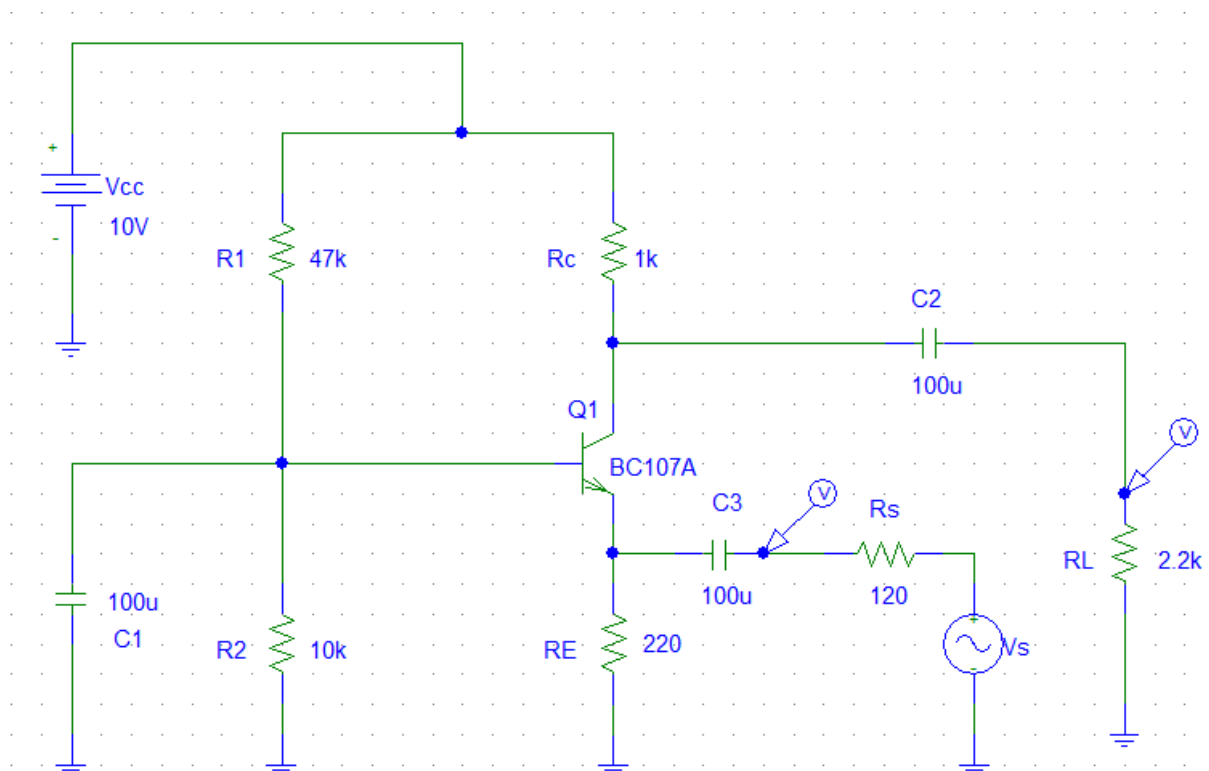
تقویت کننده بیس مشترک

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده بیس مشترک با مدار خود بایاس با مشخصات داده شده در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

روش آزمایش:

قدم ۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.



قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

ناحیه کار ترانزیستور	I_{CQ}	V_{BEQ}	V_{CEQ}

قدم ۳: بدون V_S ، R_L را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیمم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۳ را توضیح دهید؟

قدم ۴: با تنظیم فرکانس V_S سعی کنید سیگنال خروجی را ماکزیموم کنید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۴ را نیز توضیح دهید؟

قدم ۵: توسط اسیلوسکوپ روابط زیر را تکمیل و به استاد مربوطه تحویل نمائید.

بهره ولتاژ:

$$A_{V_1} = \frac{V_0(NL)}{V_i}$$

$$A_{V_2} = \frac{V_0(FL)}{V_i}$$

$$A_{V_3} = \frac{V_o(NL)}{V_S}$$

$$A_{V_4} = \frac{V_o(FL)}{V_S}$$

راهنمایی:

$V_o(NL)$: ولتاژ خروجی بدون بار

$V_o(FL)$: ولتاژ خروجی با بار

بهره جریان:

$$I_i = \frac{V_S - V_i}{R_S}$$

$$I_o = \frac{V_{O(NL)}}{R_C}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i}$$

مقاومت ورودی:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i}$$

مقاومت خروجی:

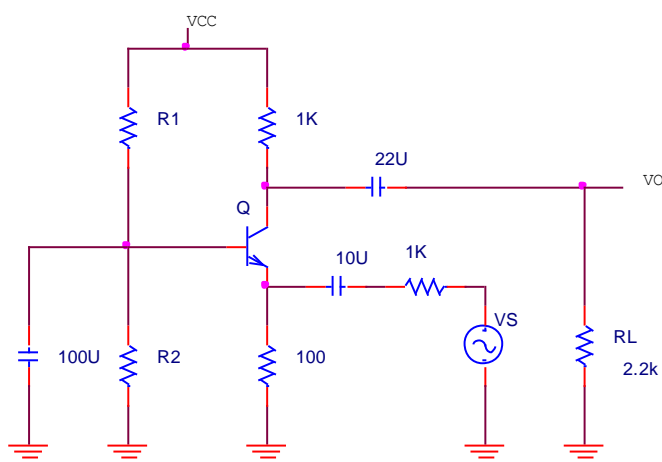
$$R_o = \frac{V_o(NL) - V_o(FL)}{V_o(FL)} \times R_L$$

قدم ۶: با استفاده از پتانسیومتر مقاومت ورودی و خروجی را اندازه گیری کنید.

قدم ۷: با حذف خازن C_B قدم ۵ و ۶ را تکرار کنید.

پرسش:

- ۱- مقادیر اندازه گیری شده از قدم ۲ و ۵ را با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید؟
- ۳- با حذف خازن C_B در قدم ۷ مطلوبست بهره ولتاژ، جریان و مقاومت ورودی، خروجی؟
- ۴- بهترین نقطه کار را برای تقویت کننده بیس مشترک مدار شکل زیر محاسبه کنید؟
- ۵- در نقطه کار فوق اگر فرض کنیم $V_{BE} = 0.7$, $\beta = 150$ باشد، مقاومت‌های R_1, R_2 را محاسبه کنید؟



۶- آزمایش فوق را با استفاده از یک نرم افزار دلخواه پیاده سازی کنید؟

آزمایش شماره (۱۱)

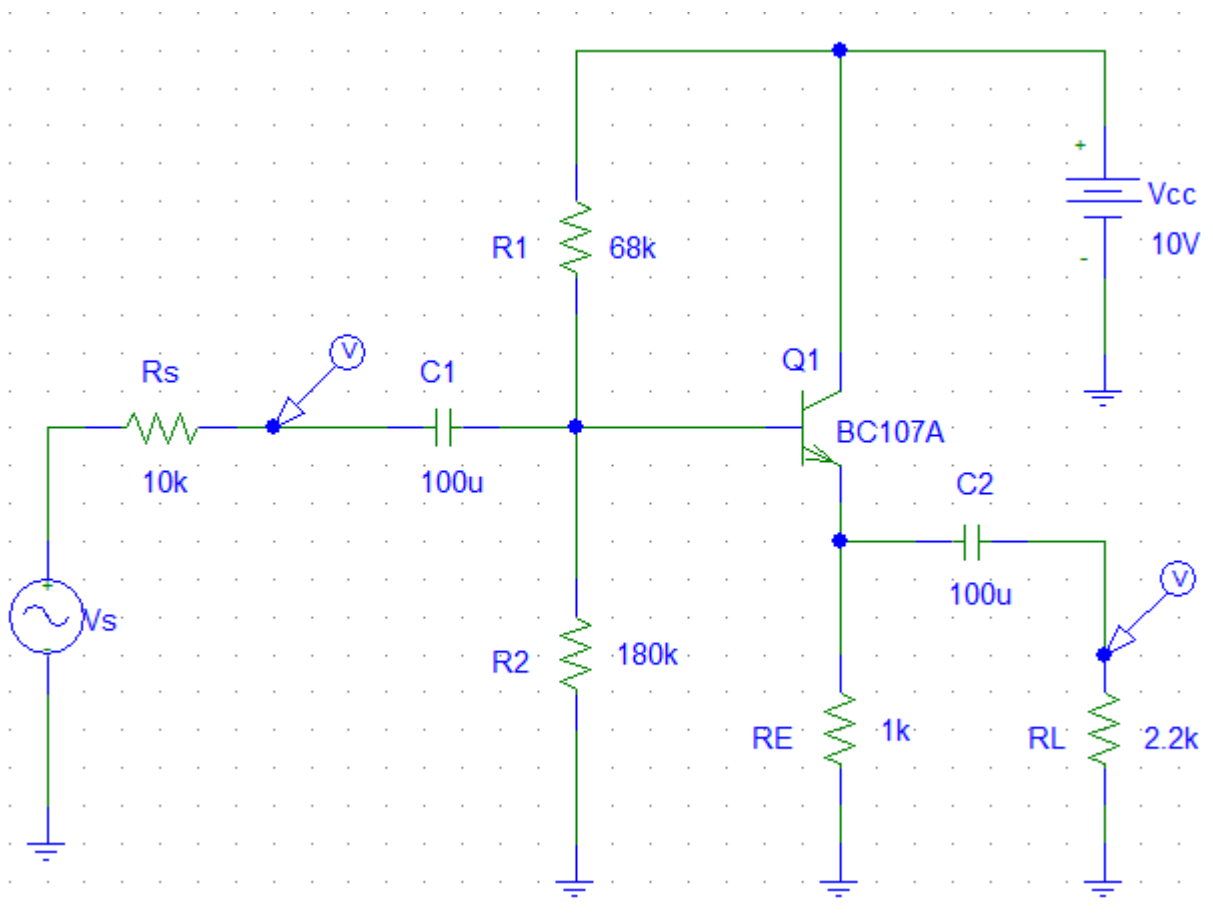
تقویت کننده کلکتور مشترک

هدف:

هدف از این آزمایش، مونتاژ مدار طراحی شده و اندازه‌گیری مشخصات این تقویت کننده جهت مقایسه نتایج اندازه‌گیری با مقادیر مطلوب و در ادامه طراحی یک تقویت کننده کلکتور مشترک با مدار خود بایاس با مشخصات داده شده در مناسب‌ترین نقطه کار برای بدست آوردن حداکثر نوسانات خروجی.

روش آزمایش:

قدم ۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.



قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید.

ناحیه کار ترانزیستور	I_{CQ}	V_{BEQ}	V_{CEQ}

قدم ۳: بدون V_S ، R_L را به لحاظ دامنه طوری تنظیم کنید که خروجی مدار سیگنالی متقارن، ماکزیمم و بدون اعوجاج را در صفحه اسیلوسکوپ داشته باشید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۳ را توضیح دهید؟

قدم ۴: با تنظیم فرکانس V_S سعی کنید سیگنال خروجی را ماکزیموم کنید. در ادامه به استاد مربوطه خود دلیل قدم ۴ را نیز توضیح دهید؟

قدم ۵: توسط اسیلوسکوپ روابط زیر را تکمیل و به استاد مربوطه تحویل نمائید.

بهره ولتاژ:

$$A_{V_1} = \frac{V_0(NL)}{V_i}$$

$$A_{V_2} = \frac{V_0(FL)}{V_i}$$

$$A_{V_3} = \frac{V_o(NL)}{V_S}$$

$$A_{V_4} = \frac{V_o(FL)}{V_S}$$

راهنمایی:

$V_o(NL)$: ولتاژ خروجی بدون بار

$V_o(FL)$: ولتاژ خروجی با بار

بهره جریان:

$$I_i = \frac{V_S - V_i}{R_S}$$

$$I_o = \frac{V_{O(NL)}}{R_E}$$

$$A_i = \frac{I_o}{I_i}$$

مقاومت ورودی:

$$R_i = \frac{V_i}{I_i}$$

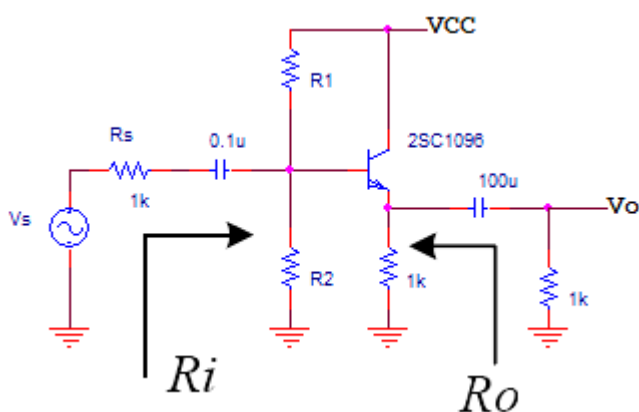
مقاومت خروجی:

$$R_o = \frac{V_o(NL) - V_o(FL)}{V_o(FL)} \times R_L$$

قدم ۶: با استفاده از پتانسیومتر مقاومت ورودی و خروجی را اندازه گیری کنید.

پرسش:

- ۱- مقادیر اندازه گیری شده از قدم ۲ و ۵ را با مقادیر محاسبه شده مقایسه کنید؟
- ۲- بهترین نقطه کار را برای تقویت کننده کلکتور مشترک مدار شکل زیر محاسبه کنید؟
- ۳- در نقطه کار فوق اگر فرض کنیم $V_{BE} = 0.7$, $\beta = 150$ باشد، مقاومت‌های R_1, R_2 را محاسبه کنید؟



- ۴- آزمایش فوق را با استفاده از یک نرم افزار دلخواه پیاده سازی کنید؟
- ۵- مشخصات سه آزمایش گذشته را در جدول زیر ثبت و سپس مقایسه کنید؟

مشخصه	بیس مشترک	امیتر مشترک	کلکتور مشترک
امپدانس ورودی			
امپدانس خروجی			
زاویه فاز			
بهره ولتاژ			
بهره جریان			

آزمایش شماره (۱۲)

زوج دارلینگتون

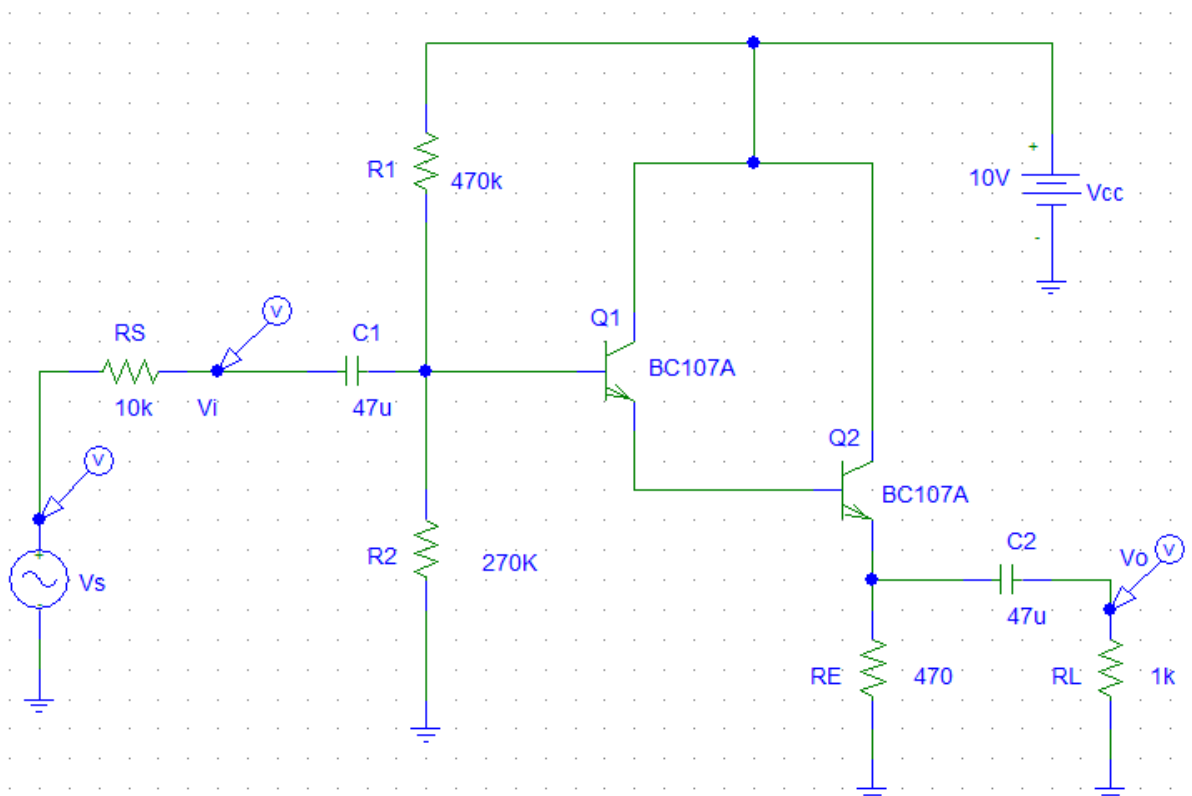
روش آزمایش:

قدم ۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

ناحیه کاری ترانزیستور اول	I_C	V_{CE}	V_{BE}

ناحیه کاری ترانزیستور دوم	I_C	V_{CE}	V_{BE}



قدم ۳: بهره ولتاژ، بهره جریان و مقاومت ورودی را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

آزمایش شماره (۱۳)

بوت استرپ

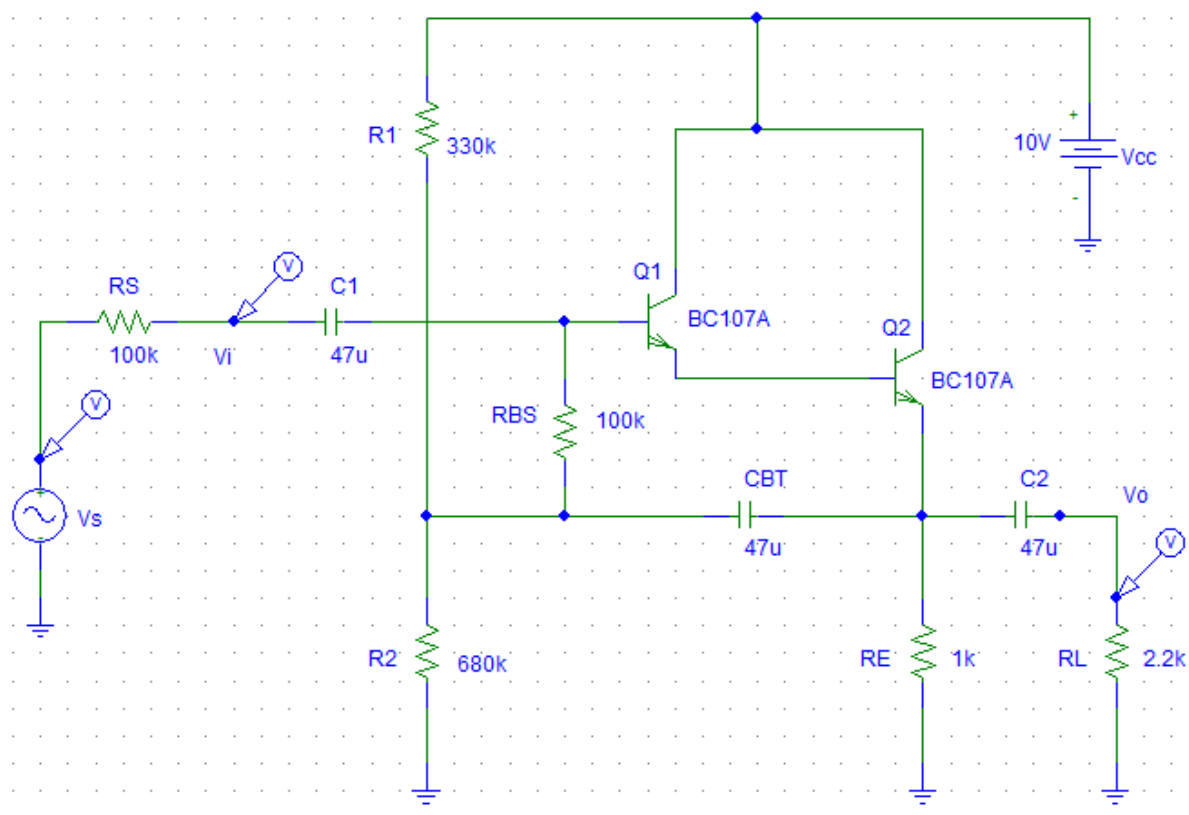
روش آزمایش:

قدم ۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

ناحیه کاری ترانزیستور اول	I_C	V_{CE}	V_{BE}

ناحیه کاری ترانزیستور دوم	I_C	V_{CE}	V_{BE}



قدم ۳: بهره ولتاژ، بهره جریان و مقاومت ورودی را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

آزمایش شماره (۱۴)

تقویت کننده دو طبقه

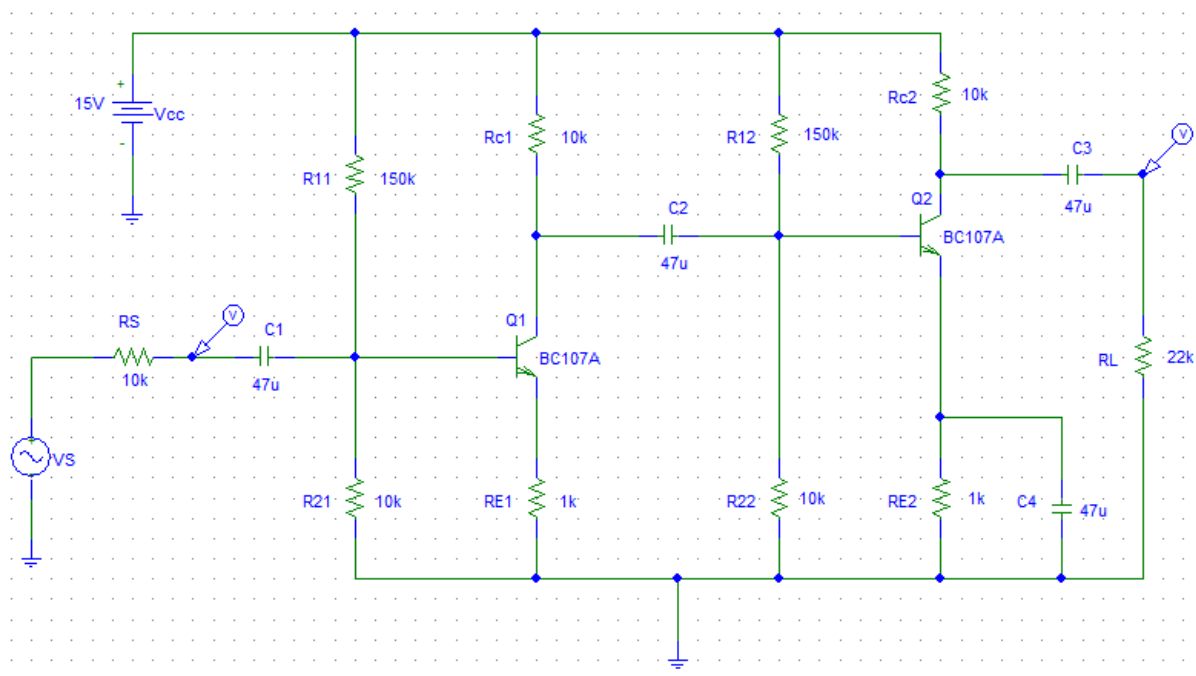
روش آزمایش:

قدم ۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

ناحیه کاری ترانزیستور اول	I_C	V_{CE}	V_{BE}

ناحیه کاری ترانزیستور دوم	I_C	V_{CE}	V_{BE}



قدم ۳: بهره ولتاژ، بهره جریان و مقاومت ورودی را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

آزمایش شماره (۱۵)

تقویت کننده آبشاری

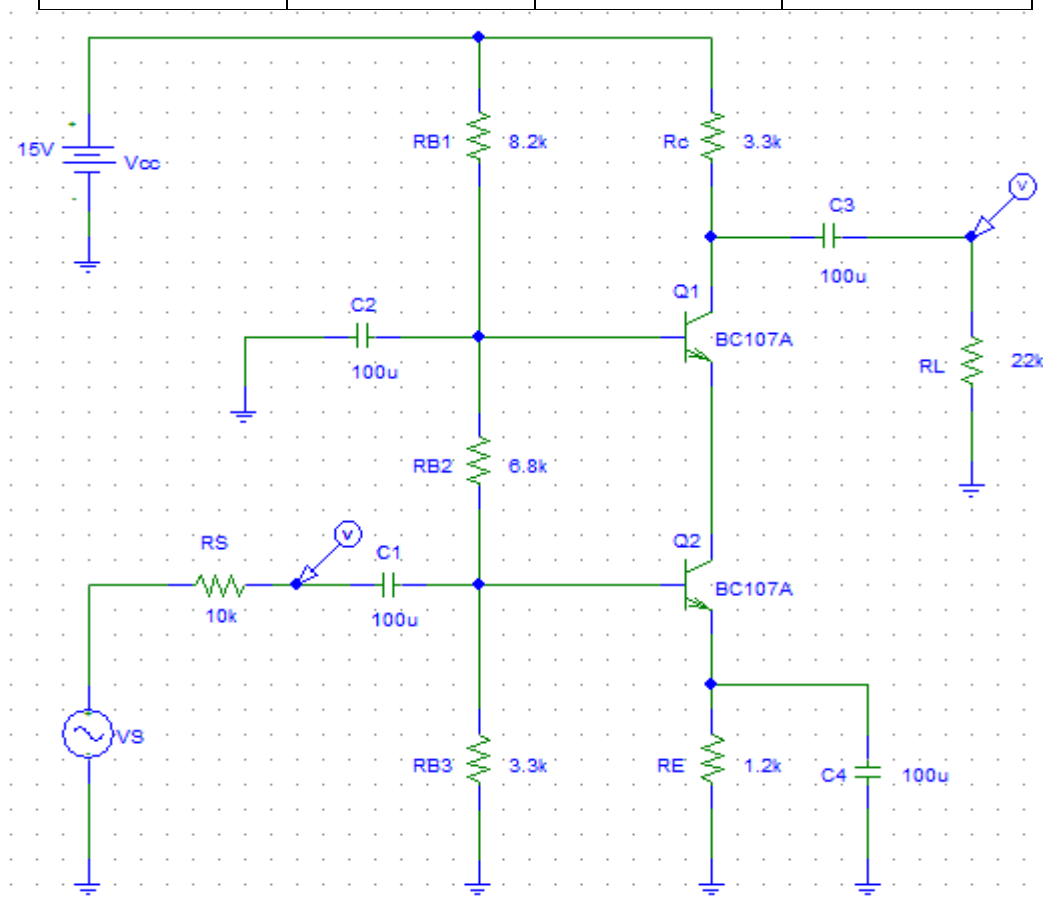
روش آزمایش:

قدم ۱: مداری مطابق شکل زیر با رعایت پلاریته ی خازن ها روی بردبورد مونتاژ کنید.

قدم ۲: توسط ولت متر در حالت DC مقادیر زیر را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

ناحیه کاری ترانزیستور اول	I_C	V_{CE}	V_{BE}

ناحیه کاری ترانزیستور دوم	I_C	V_{CE}	V_{BE}



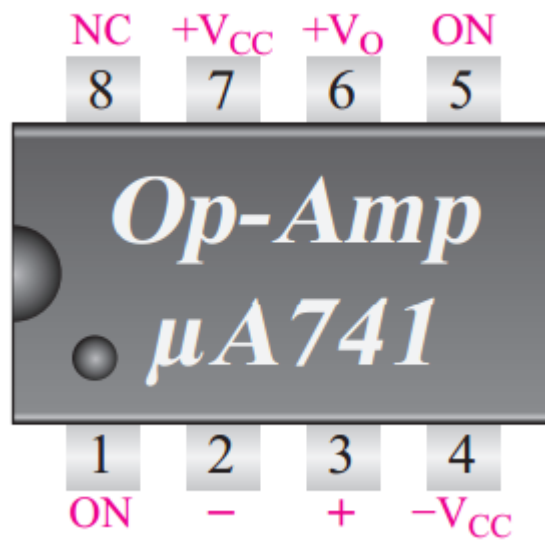
قدم ۳: بهره ولتاژ، بهره جریان و مقاومت ورودی را اندازه گیری کنید و با مقادیر نظری مقایسه کنید.

آزمایش شماره (۱۶)

تقویت کننده های عملیاتی

روش آزمایش:

قدم ۱: با کمک استاد خود با پایه های آی سی شماره 741 آشنا شوید.



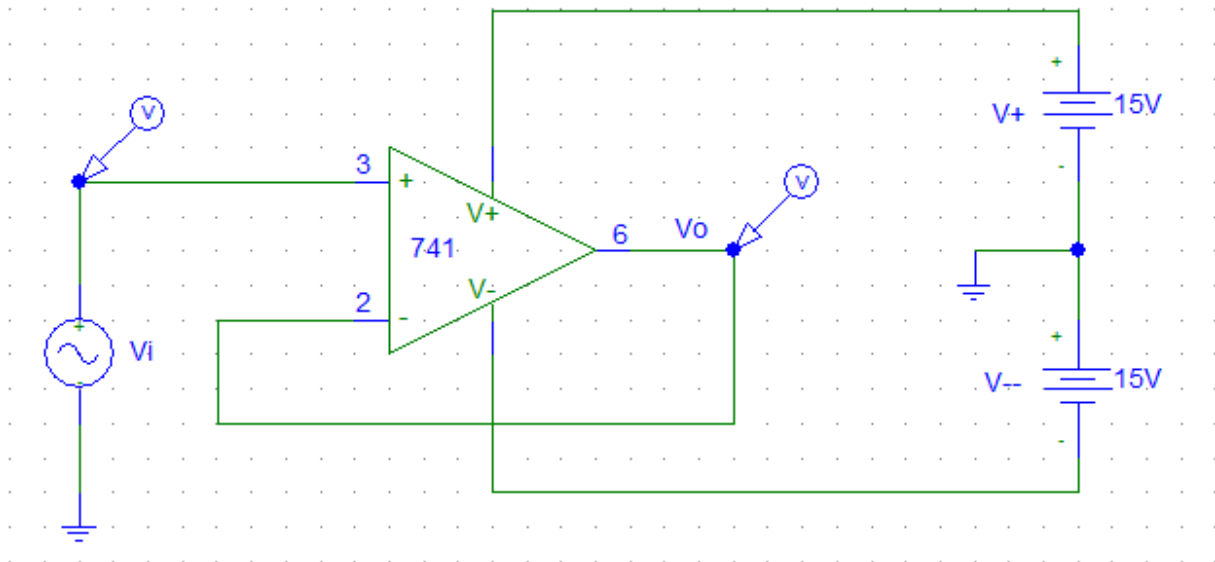
شکل (۱۶-۱): پایه های آی سی شماره 741

پایه های ۱ و ۵ ورودی های Offset و پایه ۸ از درون به مدار اتصال ندارد و فقط برای رعایت تقارن نصب شده است.

قدم ۲: برای اطمینان از سالم بودن آی سی 741 مدار بافر مثبت زیر را روی بردبورد مونتاژ و خروجی مدار را بررسی کنید.

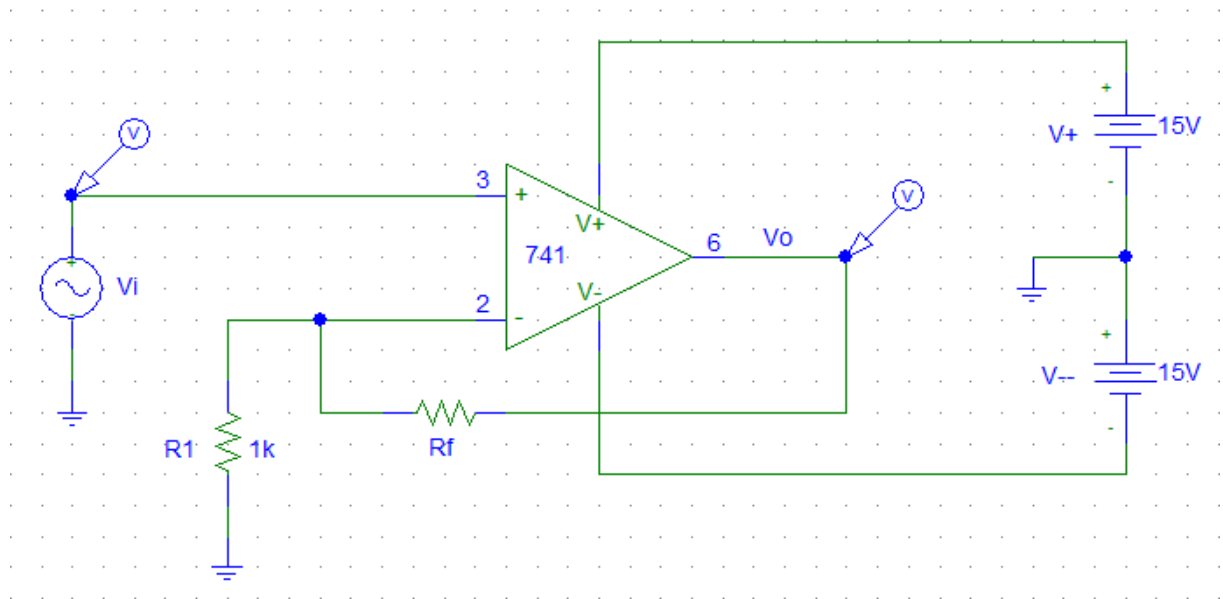
$$V_i = 1\sin(\omega t)$$

$$f = 1\text{ KHz}$$



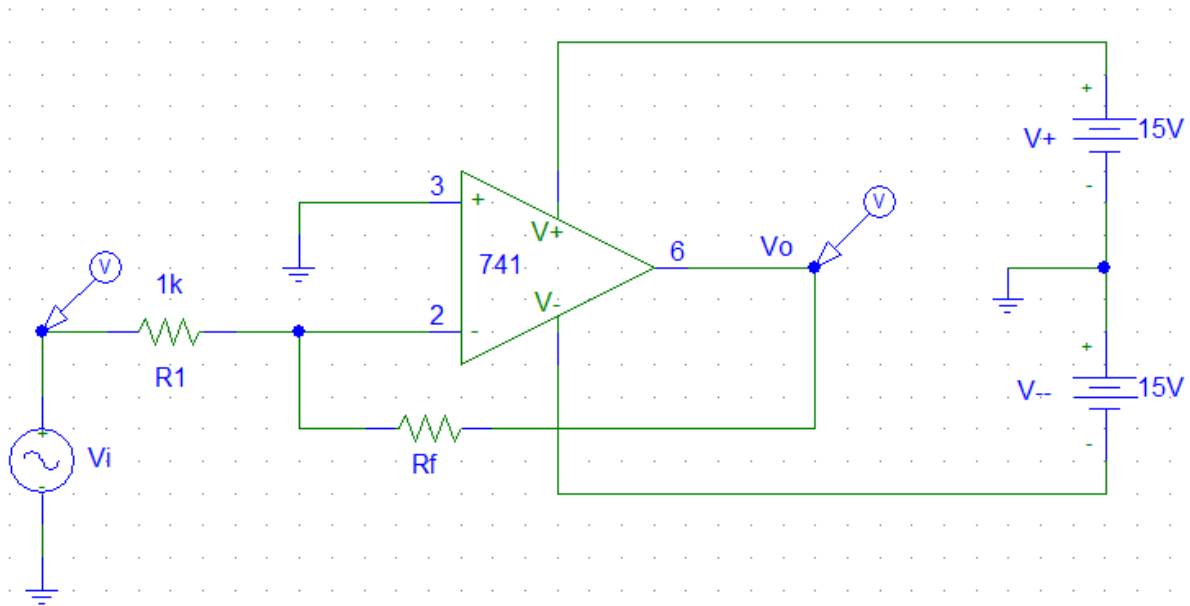
سیگنال ورودی و خروجی رو همزمان رسم کنید.

قدم ۳: تقویت کننده ی عملیاتی با ضریب تقویت مثبت



R_f	$1k\Omega$	$2.2k\Omega$	$4.7k\Omega$	$10k\Omega$
A_v نظری				
A_v عملی				
درصد خطا				

قدم ۴: تقویت کننده ی عملیاتی با ضریب تقویت منفی



R_f	$1^k\Omega$	$2.2^k\Omega$	$4.7^k\Omega$	$10^k\Omega$
A_v نظری				
A_v عملی				
درصد خطا				

قدم ۵: مدار مشتق گیر: بررسی کنید آیا خروجی مشتق ورودی هست یا خیر؟

